



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

OVLÁDÁNÍ VYTÁPĚNÍ PŘES GSM

HEATING CONTROL OVER GSM

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MILAN SNÍŽEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PAVEL KUČERA, Ph.D.

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Kybernetika, automatizace a měření

Student: Bc. Milan Snížek

ID: 80486

Ročník: 2

Akademický rok: 2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

Ovládání vytápění přes GSM

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s problematikou sítě GSM a s přístupem k této síti pomocí jednočipového mikropočítače. Navrhněte a realizujte systém pro dálkové ovládání vytápění rodinného domu pomocí sítě GSM. Navrhněte uživatelský interface k tomuto systému jak pro lokálního, tak i vzdáleného uživatele.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

1. Pužmanová Rita: Moderní komunikační sítě od A do Z, Computer Press 2006, 80-251-1278-0.

Termín zadání: 9.2.2009

Termín odevzdání: 25.5.2009

Vedoucí práce: Ing. Pavel Kučera, Ph.D.

prof. Ing. Pavel Jura, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá ovládáním vytápění přes GSM síť kde cílem práce je návrh a realizace celého zařízení včetně programového vybavení. Celý systém se v podstatě skládá ze dvou jednotek, GSM jednotky a termostatu.

GSM jednotka je navržena pro umístění na DIN lištu a pro napájení z 230V. Hlavní částí GSM jednotky je GSM modul, který komunikuje s mikrokontrolérem pomocí AT příkazů přes sériovou linku. Mikrokontrolér tyto příkazy vyhodnocuje a provádí požadované akce. GSM jednotka dále komunikuje přes sběrnici RS485 se vzdáleným programovatelným termostatem, čímž je umožněno řízení a nastavování termostatu z mobilního telefonu přes GSM síť. Použití sběrnice RS485 nabízí možnost připojení dalších vzdálených jednotek s odlišnými adresami. Tyto jednotky již nejsou součástí této práce.

Oproti zadání byly funkce zařízení rozšířeny, nyní GSM jednotka obsahuje další vstupy a výstupy, čímž výrazně zvyšuje užitnou hodnotu. Tyto vstupy a výstupy lze použít například pro připojení zabezpečovacího zařízení případně pro vzdálené ovládání dalších zařízení. Jeden z výstupů je spínán pouhým prozvoněním a ostatní lze ovládat pomocí SMS zpráv. Pro zabezpečení proti zneužití mohou zařízení ovládat pouze osoby/telefony jejichž čísla jsou uložena v paměti GSM jednotky. Těchto telefonních čísel může být až pět. GSM jednotka může pracovat narušená od termostatu i samostatně a být použita například pro zabezpečení objektu.

Termostat je programovatelný a umožňuje jak manuální ovládání pomocí čtyř tlačítek a znakového dvouřádkového displeje tak i vzdálené ovládání přes sběrnici RS485. Termostat neobsahuje vlastní spínací prvek, tento prvek, relé, je umístěno v GSM jednotce a je ovládáno přes RS485. GSM jednotka, mimo jiné, také zajišťuje napájení termostatu. Termostat je možno ovládat přes GSM mobilní telefon pomocí SMS zpráv příslušnými vydefinovanými příkazy.

Obě jednotky byly úspěšně realizovány a otestovány.

Klíčová slova

GSM, vytápění, jednočipový mikropočítač, vzdálené ovládání

Abstract

This diploma thesis deals with heating control over GSM network with the goal to design and realize HW include programs for microcontrollers. The whole system consists of two units, the GSM units and the thermostat.

GSM unit is designed to be placed on DIN rack and powered from 230V. The main part of the GSM unit is GSM module which communicates with microcontroller by AT commands via serial bus. The microcontroller evaluates these commands and performs appropriate actions. The GSM unit also communicates with thermostat via RS485 link so that allows thermostat to be controlled from mobile phone over GSM network. Using of RS485 link offers connecting of other units with different address. These units are not part of this diploma thesis.

Compared to the assignment the functions of the GSM unit were extended. Now the GSM unit contains other inputs and outputs what significantly increases usage and number of applications. These inputs and outputs can be used for example for connecting alarm system and remote control of other devices. One of the outputs is controlled by call/ring from mobile phone and others are controlled by SMS. To secure the unit against any unauthorized access the unit can be controlled only by persons/phones their phone numbers are saved in the unit. Those phone numbers can be stored up to five. The GSM unit compared to the thermostat can be used as standalone unit to secure for example some building.

The thermostat is programmable and allows manual control by four button and LCD character display and it also can be controlled via RS485. The thermostat does not contain output switching power part, this part, relay, is integrated in GSM unit and controlled via RS485. The GSM unit also provides powering for the thermostat. The thermostat can be also controlled from mobile phone by SMS with appropriate defined commands.

Both units have been successfully realized and tested.

Key words

GSM, heating, microcontroller, remote control

Bibliografická citace

SNÍŽEK, M. *Ovládání vytápění přes GSM*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 57s. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Kučera, Ph.D.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma ovládání vytápění přes GSM jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne: **25. května 2009**

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlovi Kučerovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne: **25. května 2009**

.....
podpis autora

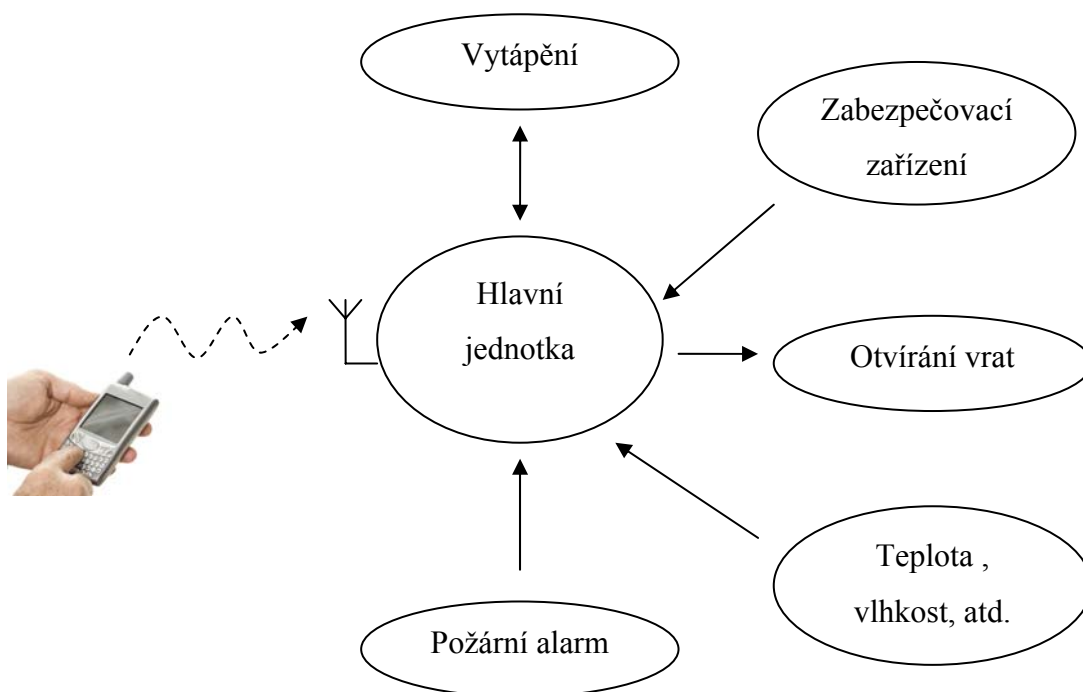
1. ÚVOD	3
1.1 Základní technické specifikace	5
1.1.1 GSM jednotka	5
1.1.2 Termostat	6
2. OVLÁDÁNÍ	7
2.1 Ovládání a konfigurace zařízení	7
2.1.1 SMS příkazy pro obecné ovládání GSM jednotky	8
2.1.2 SMS příkazy pro ovládání vstupů a výstupů GSM jednotky	9
2.1.3 SMS příkazy pro ovládání vzdálených jednotek na sběrnici.....	9
2.2 Komunikace s jednotkami na sběrnici RS485	10
2.3 Zabezpečení proti zneužití	10
3. GSM JEDNOTKA - HW	11
3.1 Napájecí zdroj	12
3.2 Vstupy	15
3.2.1 Digitální vstupy	15
3.2.2 Analogové vstupy	17
3.3 Výstupy	19
3.4 Mikrokontrolér	20
3.5 GSM modul.....	21
3.5.1 MC39i GSM modul	21
3.6 Rozhraní RS485	24
3.7 Plošný spoj a konstrukční řešení	25
4. GSM JEDNOTKA - SW	27
4.1 Konfigurace GSM modulu.....	29
4.2 Odesílání sms zprávy	29
4.3 Vyhodnocení příchozího hovoru/SMS.....	29
4.4 Načtení řetězce z GSM modulu do zásobníku	31
4.5 Sériová komunikace se zařízeními na RS485	32
4.5.1 Příjem dat.....	34
4.5.2 Vysílání data	34
4.5.3 Ladění SW	35

5. PROGRAMOVATELNÝ TERMOSTAT.....	36
5.1 Zapojení - HW	36
5.1.1 Mikrokontrolér.....	37
5.1.2 Displej.....	37
5.1.3 Teplotní čidlo.....	38
5.1.4 Napájení a komunikace	39
5.2 Ovládání termostatu	40
5.3 Obecný popis Programu.....	41
5.4 Popis běhu programu	42
5.4.1 Múd 0 - Manuální režim.....	43
5.4.2 Múd 1 – Normální běh programu	44
5.4.3 Múd 2 – Mazání.....	45
5.4.4 Múd 3 – Programování	45
5.4.5 Múd 4 – Korekce teploty	47
5.4.6 Přerušení	47
5.4.7 Komunikace termostatu po RS-485.....	48
5.5 Plošný spoj a konstrukční řešení.....	50
6. ZÁVĚR.....	51
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK:.....	56
SEZNAM PŘÍLOH.....	56
OBSAH PŘÍLOŽENÉHO CD	57

1. ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá návrhem systému pro ovládání teploty ve vzdáleném objektu přes GSM síť pomocí mobilního telefonu. Velkou výhodou tohoto ovládání je, že mobilní telefon má již téměř každý a pokrytí signálem je velice dobré a rozsáhlé, což umožňuje použití zařízení i ve vzdálených objektech jako např. chata, atd.. Systém umožňuje přes mobilní telefon pomocí SMS zprávy ovládat (zapnout, vypnout a nastavit teplotu) vytápění ve vzdáleném objektu (bytu, rodinném domu, atd.).

Oproti zadání byla hlavní jednotka rozšířena o univerzální vstupy a výstupy, které výrazně zvyšují užitnou hodnotu zařízení. Tyto vstupy a výstupy umožňují připojení dalších zařízení (zabezpečovací zařízení, různých čidel, atd.) jak je zobrazeno na obrázku 1-1.

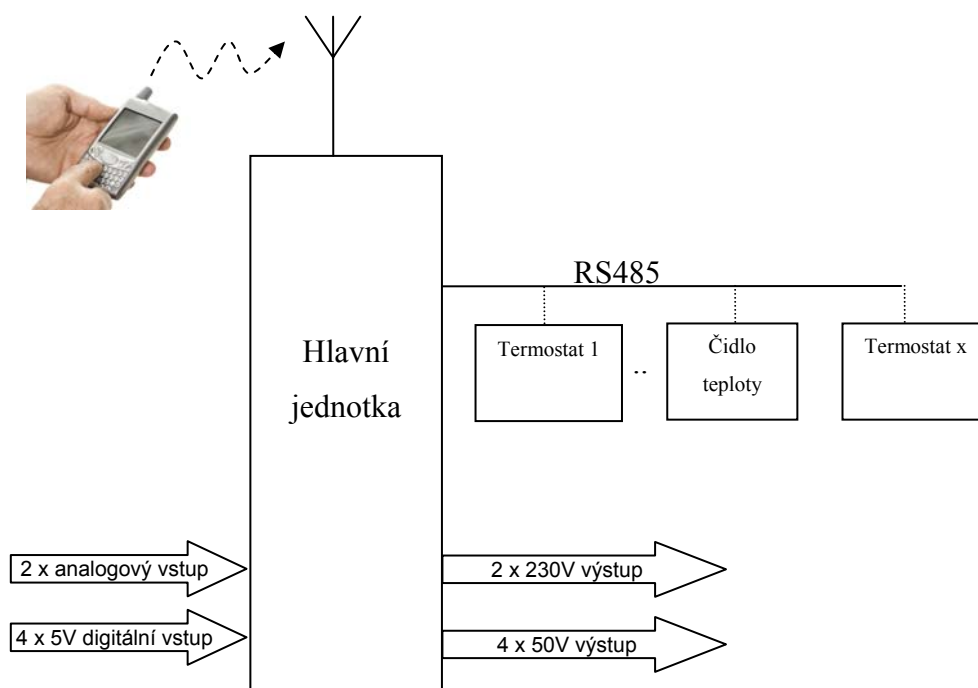


Obrázek 1-1 Možnosti využití systému

Systém se skládá ze dvou jednotek:

- Hlavní (GSM) jednotka – obsahuje GSM modul včetně napájecích, vstupních a výstupních obvodů.
- Termostat – jedná se o programovatelný termostat s komunikací přes linku RS485.

Systém je rozšiřitelný o další jednotky komunikující po sběrnici RS485 jak je zobrazeno níže, viz. Obrázek 1-2, kde další jednotky již nejsou součástí této diplomové práce.



Obrázek 1-2 Blokové schéma celého systému

1.1 ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ SPECIFIKACE

Před samotným návrhem je důležité stanovit požadované technické parametry na jednotku. Technické parametry jsem stanovoval tak, aby vyhověly zadání diplomové práce, ale také aby zařízení bylo co nejvíce univerzální.

1.1.1 GSM jednotka

- Napájecí napětí: 230V \pm 10%
- Počet digitálních vstupů: 4 (0-12V)
log. 0 = 0- 1V
log. 1 = 5 – 12V
- Počet analogových vstupů: 2 (0-1V, 10bit. rozlišení)
- Počet výstupů: 6 (4 x otevřený kolektor 50V/0.3A max.)
(2 x relé, 230V/5A max.)
- Komunikační rozhraní: 1x RS485
- Indikace: ano (vstupy, výstupy, stav GSM modulu)
- GSM frekvenční pásma: 2 (900MHz, 1800MHz)
- Ovládání prozvoněním: ano, výstup 1 sepne po dobu 20s
- Ovládání pomocí SMS: ano, příkazy uvedeny v kapitole ovládání
- Zálohování: ano, externí akumulátor 6V, max.
dobíjecí proud 60mA. Jednotka obsahuje
řízení nabíjení, musí být externí.

1.1.2 Termostat

- Napájení: 7-15V
- Teplota: 0-50°C
- Rozlišení: 0,2°C
- Počet programů: 0-10
- Krok nastavení teploty: 0,5°C
- Přesnost měření teploty bez korekce $\pm 2^\circ\text{C}$
- Možnost ručního nastavení teploty, zapnutí a vypnutí
- Možnost vzdáleného ovládání (nastavení teploty, zapnutí a vypnutí) přes RS485
- Zobrazení aktuální i požadované teploty
- Možnost korekce teploty
- Pět režimů
 - Programování (umožňuje programovat cykly)
 - Běh programu (termostat běží dle programu)
 - Manuální (řídí teplotu dle nastavení)
 - Smazání programů
 - Korekce teploty, nastavení času a dne

2. OVLÁDÁNÍ

2.1 OVLÁDÁNÍ A KONFIGURACE ZAŘÍZENÍ

Aby byl systém dostatečně univerzální tak musí být konfigurovatelný. Možností jak systém konfigurovat je hned několik (GSM, USB, RS232, ovládací panel, atd.). Zvolil jsem konfiguraci přes GSM mobilní telefon pomocí SMS zprávy, což přináší výhodu možnosti vzdálené konfigurace. Seznam implicitních nastavení vstupů, výstupů a zařízení na sběrnici RS485 je níže, viz. Tabulka 2-1.

Tabulka 2-1 Seznam implicitních nastavení

HW vstup/výstup	Přiřazení jména v SW	Stav v log 1	Stav v log 0	Popis
DIN1	DIN1	ON	OFF	Digitální vstup
DIN2	DIN2	ON	OFF	Digitální vstup
DIN3	DIN3	ON	OFF	Digitální vstup
DIN4	DIN4	ON	OFF	Digitální vstup
DOUT1	DOUT1	ON	OFF	Dvoustavový výstup
DOUT2	DOUT2	ON	OFF	Dvoustavový výstup
DOUT3	DOUT3	ON	OFF	Dvoustavový výstup
DOUT4	DOUT4	ON	OFF	Dvoustavový výstup
DOUT5	DOUT5	ON	OFF	Dvoustavový výstup
DOUT6	DOUT6	ON	OFF	Dvoustavový výstup
RS1	RS1			Zařízení na RS485 s adresou 0
RS2	RS2			Zařízení na RS485 s adresou 1
RS3	RS3			Zařízení na RS485 s adresou 2
RS4	RS4			Zařízení na RS485 s adresou 3
RS5	RS5			Zařízení na RS485 s adresou 4
RS6	RS6			Zařízení na RS485 s adresou 5
RS7	RS7			Zařízení na RS485 s adresou 6
RS8	RS8			Zařízení na RS485 s adresou 7

Typ SMS zprávy lze rozdělit do následujících skupin:

1. Obecné příkazy pro konfiguraci a nastavování GSM jednotky.
2. Příkazy pro ovládání výstupu GSM jednotky.
3. Příkazy pro komunikaci s jednotkami na RS485 sběrnici.

2.1.1 SMS příkazy pro obecné ovládání GSM jednotky

SMS pro ovládání GSM jednotky se skládá z následujících částí:

Příkaz (4B)	Data (max. 24B)
--------------------	------------------------

Pro ovládání a konfiguraci GSM jednotky jsou vydefinovány příkazy níže, viz. Tabulka 2-2.

Tabulka 2-2 Konfigurační příkazy

Příkaz	Příklad	Popis
Info	Info	Pošle informaci o všech vstupech a výstupech jednotky
Ren.	Ren. DIN1 dveře, otevřeny, zavřeny	Přejmenuje názvy vstupu, výstupu a jejich stavů. Data příkazu musí být ve formátu: <název I/O nový název, stav v log. 1, stav v log. 0>
AddT	AddT 420737225669	Přidá telefonní číslo do seznamu autorizovaných osob
Conf	Conf 10000000	Nakonfiguruje GSM jednotku. Formát dat je <bit7 ... bit8>. Význam jednotlivých bitů je následující: bit7 – zpětné potvrzení. „OK“ bit6 – informace o zapnutí jednotky bit5 – bit0 - rezerva
SetT	SetT 15:26, Mo	Nastaví čas a den. Formát dat <hh:mm,day>

2.1.2 SMS příkazy pro ovládání vstupů a výstupů GSM jednotky

SMS pro ovládání GSM jednotky se skládá z následujících částí:

Výstup (max. 8B)	Stav (max. 8B)
------------------	----------------

Příklad: Zapnout výstup č.2, lze SMS zprávou „DOUT2 ON“ a vypnout tento výstup lze pomocí SMS „DOUT2 OFF“.

Názvy výstupů a stavů lze samozřejmě přejmenovat, takže potom může mít SMS tvar „Topení zapnout“ a „Topení vypnout“.

2.1.3 SMS příkazy pro ovládání vzdálených jednotek na sběrnici

SMS pro ovládání výstupních obvodů a zařízení na RS485 se skládá z následujících částí.

Jméno zařízení na RS485	Příkaz	Data/parametr
-------------------------	--------	---------------

Například příkaz pro zapnutí termostatu a vytopení na 24°C by vypadal následovně: „RS1 t=24“

První položku lze konfigurovat pomocí následující SMS: „config RS1=Loznice.“

Potom by předchozí příkaz vypadal následovně: „Loznice t=24“.

Přehled všech příkazů pro ovládání termostatu je shrnut v tabulce 2-3.

Tabulka 2-3 Popis příkazů pro ovládání termostatu

Příkaz	Parametr/data - příklad	Popis
Pr!	1,ON,22:40,22.5C,Mo;	Naprogramuj termostat
Pr?	Žádný	Pošli přehled programů
Mod!	Pr (Man)	Přepne mód. „Pr“ nebo „Man“
Mod?	Žádný	Pošli stav termostatu, mód, teplota
Del	Žádný	Smaže všechny programy
t=	22	Přepne do man. módu a nastaví teplotu
St	22:40,Mo	Nastav čas a den

2.2 KOMUNIKACE S JEDNOTKAMI NA SBĚRNICI RS485

Pro komunikaci přes sběrnici RS485 je potřeba přenosový protokol. Jednou z možností je použití již navržených a osvědčených protokolů, což může být pro danou aplikaci nevýhodné z důvodu poměrně velké složitosti. Rozhodl jsem se pro komunikaci po RS485 vytvořit jednoduchý protokol přizpůsobený této aplikaci. Protokol je vydefinován níže, viz.

Tabulka 2-4, kde jednotlivé položky mají následující význam:

- Adresa – adresuje zařízení připojené na RS485
- Začátek (0xA) – bajt indikující začátek řetězce
- Příkaz – příkaz pro zařízení, co má vykonat
- Data – potřebná data od/do zařízení (teplota, programy, atd.)
- Ukončení (0xD) – bajt pro ukončení komunikace

Tabulka 2-4 Protokol pro komunikaci po RS485

Adresa	Začátek	Příkaz	Data	Ukončení
1B	1B	2B-4B	1-160B	1B

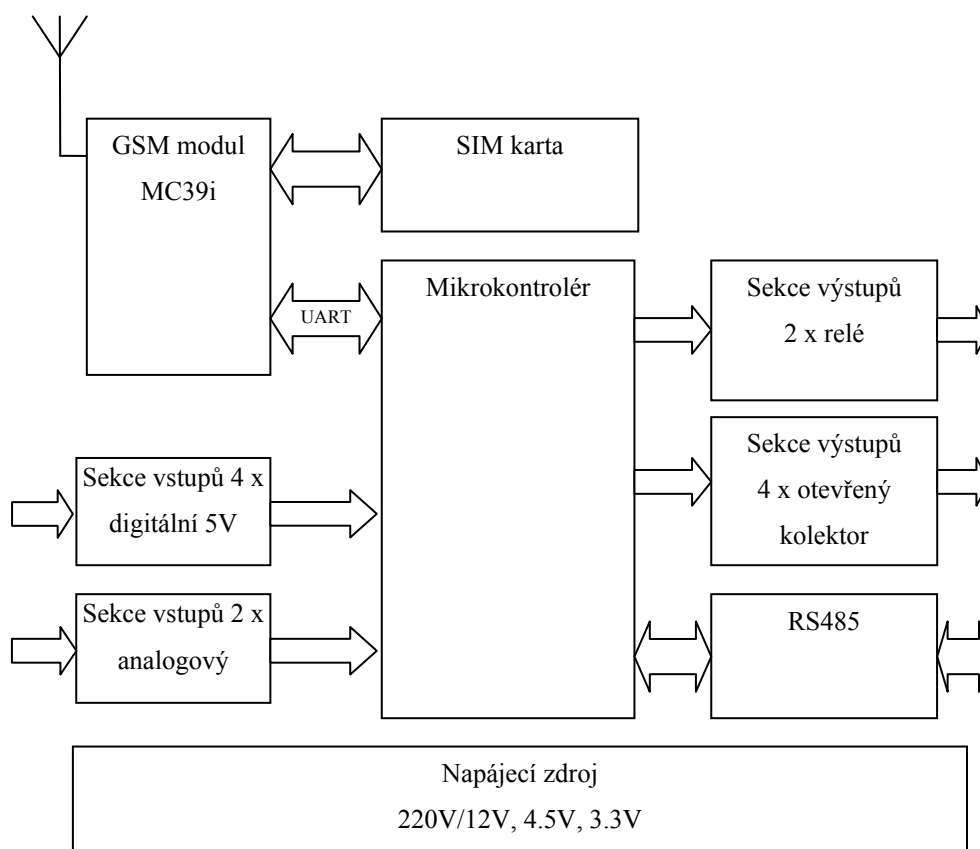
2.3 ZABEZPEČENÍ PROTI ZNEUŽITÍ

Aby systém mohla ovládat pouze povoláná osoba má systém seznam telefonních čísel z kterých mohou být přijaty příkazy. Heslo administrátora, osoby, která může GSM jednotku nastavovat a konfigurovat musí být uložena na SIM kartě jako jediné číslo. Další osoby, telefonní čísla lze přidávat pomocí příkazu „AddT“. Tyto telefonní čísla jsou ukládány do EEPROM mikrokontroléru a může jich být až pět.

3. GSM JEDNOTKA - HW

GSM jednotka je navržena pro umístění v rozvaděči, tzn. že je v krabici na DIN lištu. Termostat je navržen pro umístění v místnosti.

Blokové schéma hlavní jednotky je níže, viz. Obrázek 3-1. Hlavní část jednotky je GSM modul, který zajišťuje komunikaci s mobilním telefonem. Celá jednotka je řízena mikrokontrolérem, který zprostředkovává komunikaci a řízení mezi GSM modulem a vnějšími jednotkami (vstupy a výstupy, RS485). Jednotka je vybavena výkonovými výstupy, které umožňují spínat přímo 230V/5A a nízkonapětovými výstupy s otevřeným kolektorem. Pro komunikaci s dalšími zařízeními jednotka obsahuje komunikační rozhraní RS485. Jednotka je dále vybavená dvěma analogovými vstupy, které umožňují např. připojení teplotního čidla, a čtyřmi digitálními vstupy, které mohou být použity na připojení alarmu, atd.

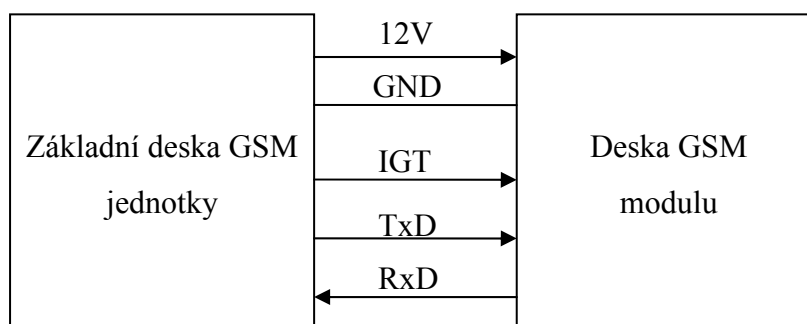


Obrázek 3-1 Blokové schéma hlavní jednotky

V jednotce je vestavěný napájecí zdroj, který umožňuje přímé připojení jednotky k 230V a poskytuje napájení zařízením připojených na sběrnici RS485. GSM jednotka se skládá z dvou desek plošných spojů:

- Základní desky, která obsahuje zdroj, mikrokontrolér, vstupní/výstupní obvody a rozhraní pro komunikaci po RS485.
- Desky s GSM modulem, která obsahuje vlastní napájecí obvody a držák SIM karty.

Propojení výše zmíněných desek je zobrazeno na obrázku 3-2.



Obrázek 3-2 Propojení základní desky s deskou GSM modulu

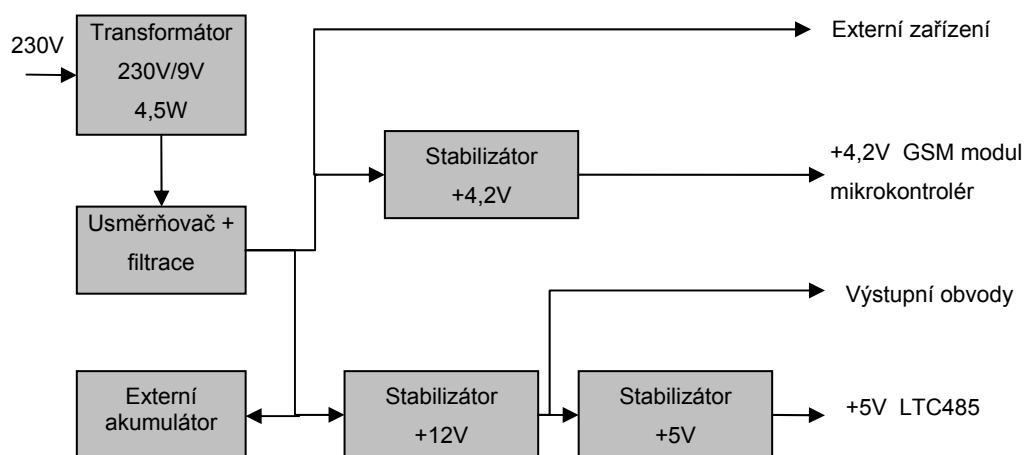
3.1 NAPÁJECÍ ZDROJ

V hlavní jednotce je potřeba řada různých napájecích napětí pro jednotlivé části jednotky. Potřebné napětí včetně maximálních proudů jsou shrnuty níže v tabulce 3-1.

Tabulka 3-1 Přehled napájecích napětí

Zařízení	Vývod	U [V]			I _{max} [A]	Poznámka
		Min	Max	Zvoleno		
GSM Modul	Batt+	3,30	4,80	4,50	0,03	Max. špička 2A po dobu 1,2ms každých 4,6ms Max. proud pro režim hovoru
	Dig. Vstupy	2,23	3,30	3,00	0,01	
	RTC backup	2,00	5,50	4,20	0,01	
PIC18F26K20	Vcc	1,8	3,6	3,30	0,02	
RS485	Vcc	3,0	3,6	3,3	0,05	
Výstupní obvody (2x 12V relé)		9,00	15,60	12,00	0,08	
Ext. Zařízení		8,00	20,00		0,3	nestabilizované
Celkový					0,5	

Možností realizace napájecího zdroje je hned několik. Od spínaných zdrojů/stabilizátoru přes lineární, případně jejich kombinace. Při návrhu jsem vycházel z požadavku na napájení z 230V, požadavku zálohování GSM modulu a mikrokontroléru z akumulátoru. Vzhledem k poměrně nízkému trvalému odběru jednotlivých částí byly zvoleny pouze lineární stabilizátory, které zjednodušují a zlevní konstrukci. Blokové schéma zdroje je níže, viz. Obrázek 3-3.



Obrázek 3-3 Blokové schéma napájecího zdroje

Zdroj je rozdělen do dvou částí z nichž jedna část je umístěna na základní desce, transformátor, 12V stabilizátor, 3.3V stabilizátor, atd. Druhá část je umístěna na desce s GSM modulem.

Na vstupní části zdroje je transformátor 230V/9V, 4.5W, který je jištěn pojistkou 100mA, dle doporučení výrobce. Střídavé napětí je usměrněno, vyhlazeno a použito pro napájení stabilizátorů a pro napájení externích zařízení. Pro externí zařízení je použito nestabilizované napětí jelikož každé zařízení může požadovat rozdílné napětí a také na vedení mohou vznikat poměrně značné úbytky napětí. Toto externí napětí je ještě dále jištěno pojistkou 300mA, která je zakresleno na schématu s mikrokontrolérem. Dále je napájecí napětí stabilizováno na 12V a 3.3V. Pro stabilizaci je použit běžný stabilizátor řady 7812 a pro napětí 3.3V je použit stabilizátor LE33. Pro zálohování je vyveden výstup/vstup pro akumulátor na konektoru K35. Maximální výstupní proud pro dobíjení akumulátoru je omezen rezistorem R23 a předpokládá se, že dobíjecí obvody budou realizovány na straně akumulátoru. V případě zálohování je napájen pouze GSM modul

$$\Delta u(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i(dt) = \frac{1}{0.0043} \int_0^{0.002} 2(dt) = 0.93V \quad (3-1)$$

Jak vyplývá ze vzorce tak při této kapacitě poklesne napětí při max. proudové špičce max. o 0.93V, tzn. že napětí GSM modulu poklesne na cca. 3.57V, což je dostatečná rezerva, jelikož minimální napětí modulu je 3.3V. Ve skutečnosti bude pokles ještě mnohem nižší protože není započítán proud, který dodává stabilizátor. Výstupní napětí LM317 je nastaveno pomocí rezistoru R2, R3, kde hodnota R2 je zvolena dle doporučení výrobce a R3 dopočítáno dle vzorce níže.

$$V_{out} = V_{ref} \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) \quad (3-2)$$

$$R2 = \left(\frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1\right) \cdot R1 = \left(\frac{4.5}{1.25} - 1\right) \cdot 240 = 624\Omega = 620\Omega$$

$$V_{out} = 1.25 \left(1 + \frac{620}{240}\right) + (0.00005 \cdot 620) = 4.51V$$

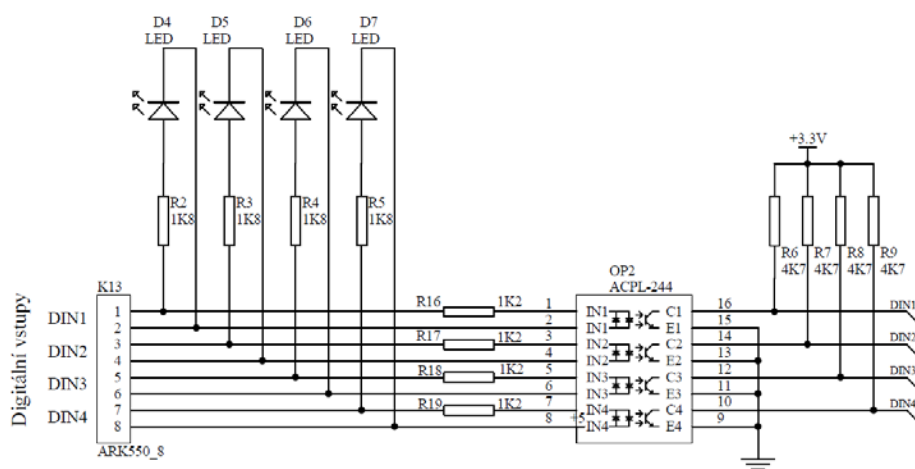
Každý stabilizátor je opatřen kondenzátory pro zajištění stability. Dále je ještě na desce použit stabilizátor LE33, který stabilizuje napětí pro mikrokontrolér a zároveň slouží jako referenční napětí pro A/D převodník.

3.2 VSTUPY

3.2.1 Digitální vstupy

Hlavní jednotka obsahuje čtyři univerzální digitální vstupy, které jsou odděleny od mikrokontroléru čtyřnásobným optočlenem ACPL-244. Oddělení optočleny bylo zvoleno pro ochranu zařízení, jelikož jednotlivá zařízení připojované na vstup mohou být na různém potenciálu. Vstupní napětí pro sepnutí optočlenu je dáno rezistory R16-R19, které byly spočítány pro spínací úroveň 5V. Mimo jiné jsou ke každému vstupu připojeny indikační LED diody, které indikují přítomnost napětí na vstupu. Každá LED dioda, D4 až D7 je připojená ke vstupům přes omezovací rezistory R2 až R5. Tyto rezistory s hodnotou 1.8KΩ byly spočítány dle vzorce (3-3).

$$R2 = \frac{V_{in} - V_F}{I_F} = \frac{5 - 1.7}{0.002} = 1650\Omega \Rightarrow 1K8 \quad (3-3)$$



Obrázek 3-6 Schéma zapojení digitalních vstupů

Rezistory R5, R13, R14, R15 byly spočítány pro bezpečné sepnutí při napětí 5V dle vzorců níže.

$$CMR_{\min} = 20\%$$

$$I_c = \frac{3,3V}{5.6K\Omega} = 0.59mA \quad (3-4)$$

$$CMR = \frac{I_c}{I_F} \cdot 100 \quad I_F = \frac{I_c}{CMR} \cdot 100 = \frac{0.59mA}{20} \cdot 100 = 2.95mA \quad (3-5)$$

Pro bezpečné sepnutí je zvoleno $I_F=3mA$

$$R5 = \frac{U_{IN} - U_F}{I_F} = \frac{5V - 1,2V}{0,003A} = 1266.6\Omega \Rightarrow 1K2 \quad (3-6)$$

Na výstupech optočlenů jsou rezistory, které omezují kolektorový proud na cca 0,6mA. Vstupní proud do vstupů mikrokontroléru, který je $<1\mu A$ je zcela zanedbatelný. Maximální napětí na vstupech lze spočítat dle maximálního povoleného proudu optočleny a LED diodami. Tento proud je dle výrobce [15] 7mA a 50mA pro optočleny.

Maximální proud vstupní napětí pro maximální proud LED.

$$U_{IN\max} = U_F + R \cdot I_{F\max} = 1.7V + 1800\Omega \cdot 0.007A = 14.3V \quad (3-7)$$

Maximální proud vstupní napětí pro maximální proud optočlenu.

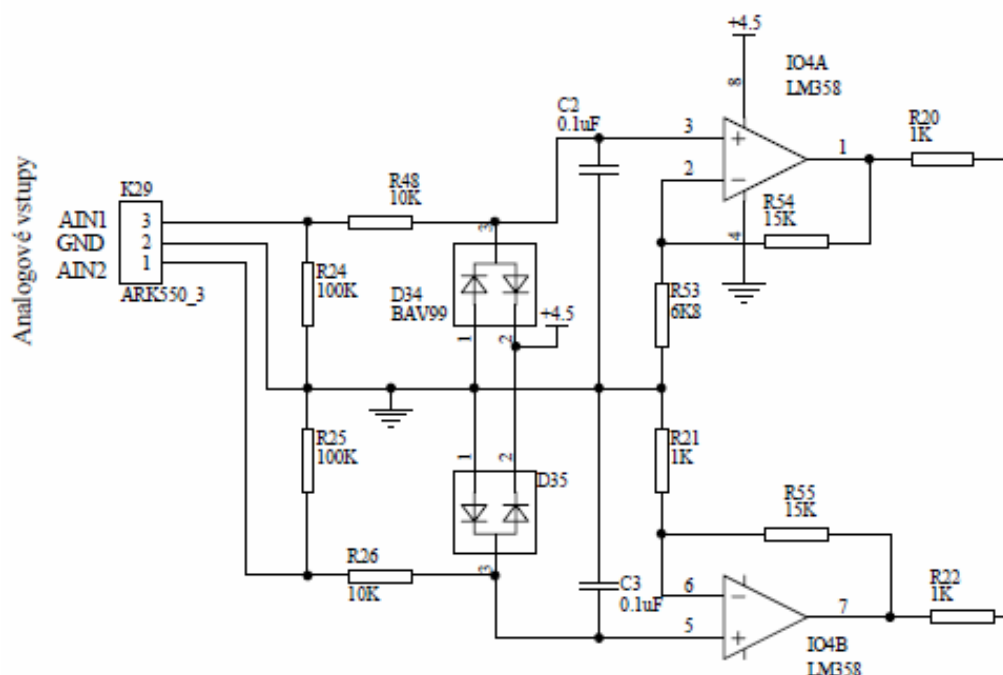
$$U_{IN\max} = U_F + R \cdot I_{F\max} = 1.2V + 1200\Omega \cdot 0.05A = 61.2V \quad (3-8)$$

Z výpočtů je zřejmé, že vstupy jsou předimenzovány vzhledem na technické specifikace jednotky. Vzhledem k faktu, že k výpočtu byly použity nejnepríznivější hodnoty, zejména CMR, které může mít velký rozptyl, tak lze očekávat mnohem nižší napětí pro sepnutí vstupů/optočlenů.

3.2.2 Analogové vstupy

Jednotka obsahuje dva univerzální analogové vstupy 0-1V, které slouží zejména pro připojení teplotních čidel, ale lze je využít i pro jiné obecné účely. Tyto vstupy jsou navrženy zejména jako informativní, kde parametry a přesnost nejsou příliš důležité. Schéma této vstupní části je na obrázku 3-7.

Napětí ze vstupních svorek je vedeno přes rezistory R26 a R48 na ochranné diody D34, D35 které chrání před přepětím a kondenzátory C2, C3, které společně s rezistory tvoří dolnofrekvenční propust, která potlačí vysoké frekvence. OZ je zapojen v neinvertujícím zapojení se zesílením přibližně 3.2, které je určeno rezistory R53, R54 pro první kanál a R21, R55 pro druhý kanál. Přímo na vstupu jsou rezistory R24, R25, o hodnotě 100KΩ které definují vstupní odpor. Na místě operačního zesilovače je použit běžně dostupný typ LM358, který je určen pro nesymetrické napájení a jehož vstupy pracují již od 0V, což je pro tuto aplikaci nezbytné.



Obrázek 3-7 Schéma zapojení analogových vstupů

Zesílení a zpětnovazební rezistory jsou spočítány níže, viz. (3-9) – (3-11).

$$U_{IN} = 0 - 1V$$

$$U_{out} = 0 - 3.234V$$

$$U_{ADref \min} = 3.234V$$

$$K_{\max} = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{3.234}{1} = 3.234 \quad (3-9)$$

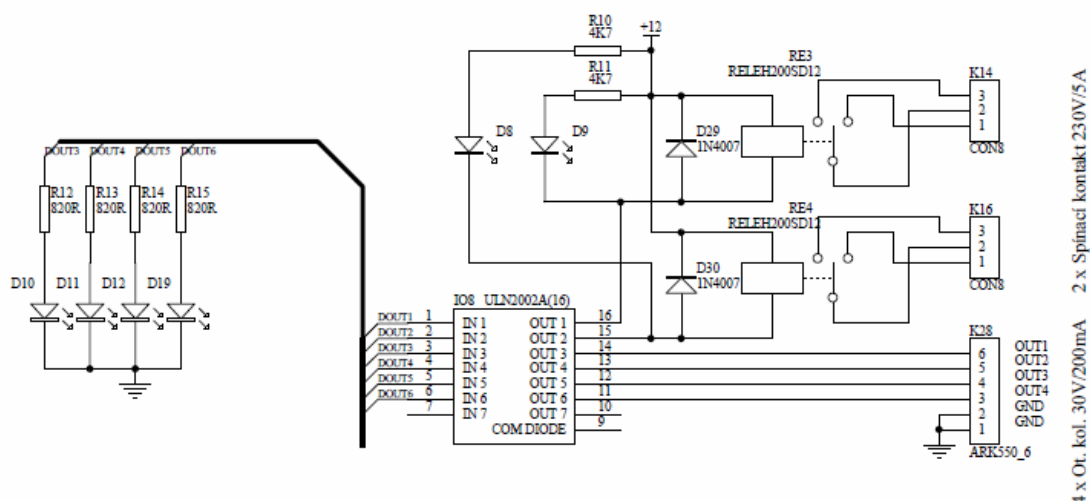
$$K = 1 + \frac{R_{21}}{R_{20}} \quad R_{21} = R_{20}(3.234 - 1) = 6.8K\Omega * 2.234 = 15.191K\Omega \Rightarrow 15K\Omega \quad (3-10)$$

$$U_{out \max} = \left(1 + \frac{R_{21}}{R_{20}}\right) \cdot U_{IN \max} = 3.205V \quad (3-11)$$

Do výpočtu není zahrnuta přesnost rezistorů, které jsou s tolerancí $\pm 1\%$ a je zanedbán vstupní ofset OZ, který může být až 3mV, což při takto malém zesílení tvoří max. 1% chybu z rozsahu a je vzhledem k požadavkům zanedbatelné.

3.3 VÝSTUPY

Hlavní jednotka obsahuje 4 univerzální dvoustavové výstupy s otevřeným kolektorem, které jsou dimenzovány na 50V/0,3A. Tyto výstupy jsou realizovány tranzistorovým polem ULN2003A, viz Obrázek 3-8. Dále jednotka obsahuje dva výstupy, které jsou galvanicky odděleny a dimenzovány na 230V/5A. Výstupy jsou realizovány pomocí relé, které jsou spínány opět pomocí tranzistorového pole ULN2003, viz. Obrázek 3-8.



Obrázek 3-8 Schéma zapojení výstupů

Výstupy tranzistorů jsou chráněny diodami D7, D8 proti indukovanému přepětí při rozepínání relé. Stav všech výstupů je indikován žlutými LED diodami D8, D9, D10, D11, D12, D19, které jsou připojeny přes ochranné rezistory R10 – R15. Hodnota rezistorů je spočítána dle (3-12) a (3-13).

$$R = \frac{U_{IN} - U_F}{I_F} = \frac{3.3V - 1.7V}{0,002A} = 800\Omega \Rightarrow 820\Omega \quad (3-12)$$

$$R = \frac{U_{IN} - U_F}{I_F} = \frac{12V - 1.7V}{0,002A} = 5150\Omega \Rightarrow 4.7K\Omega \quad (3-13)$$

3.4 MIKROKONTROLÉR

V tomto systému nejsou žádné velké nároky na výpočetní výkon mikrokontroléru. Při výběru jsem vycházel z následujících požadavků:

- Podpora sériové sběrnice UART
- EEPROM, případně možnost zapisovat na FLASH
- Podpora ICSP – pro možnost pozdější aktualizace firmwaru
- Integrovaný A/D převodník, min.10bit. rozlišení

Zvolil jsem mikrokontrolér od společnosti Microchip [10] zejména z důvodů dostupnosti programátoru těchto mikrokontrolérů a také, že výrobce nabízí široký sortiment obvodů s dobrou podporou. Výrobce nabízí zdarma vývojové prostředí MPLAB, které obsahuje assembler, simulátor a mnoho dalších komponentů. Pro nekomerční použití je také zdarma kompilátor jazyka C pro řadu PIC18Fxxx s nepatrně omezenými funkcemi.

Vzhledem k výše uvedeným požadavkům jsem zvolil mikrokontrolér, z nové perspektivní řady typu PIC18F26K20, který má následující vlastnosti:

- | | |
|------------------------------------|-----------------|
| • Početní výkon | až 16MIPs |
| • Paměť programu FLASH | 64KB |
| • HW podpora sběrnic | I2C, SPI, USART |
| • Integrovaný 10bit. A/D převodník | |
| • Integrovaná paměť EEPROM | 1024B |
| • Paměť RAM | 3936B |
| • Napájecí napětí | 1,8 – 3,6V |
| • Integrovaný watchdog časovač | 4ms – 131s |

Programování mikrokontroléru probíhá přes sériové rozhraní ICSP (K22 až K27). Toto rozhraní je velice výhodné zejména při ladění programu jelikož pro programování může zařízení zůstat zapnuto a není nutno cokoli odpojovat.

Mikrokontrolér je napájen ze stabilizovaného napětí +3,3V, které zároveň slouží jako referenční pro integrovaný A/D převodník. Kmitočet krystalového oscilátoru byl zvolen na 8MHz s ohledem na přenosovou rychlost sériové komunikace. Pro „Reset“ mikrokontroléru jsou použity vnitřní resetovací obvody.

3.5 GSM MODUL

Jedna z nejdůležitějších částí zařízení je GSM modul. GSM modul je zapojen dle doporučení výrobce [1]. K výstupům GSM modulu jsou připojeny indikační LED diody, které indikují stav GSM modulu (zaregistrován do sítě, příchozí hovor/SMS, atd.).

Signály pro komunikaci s GSM modulem jsou připojeny k mikrokontroléru přes odnímatelné propojky (Jumperry) K30, K31, které slouží pouze pro ladění SW a umožňují připojení sériové linky z GSM modulu i mikrokontroléru do PC, kde lze sledovat i posílat informace z/na sériovou linku pomocí vhodného SW. Pro ladění jsem použil volně dostupný terminál „Hercules“ od HW group[13]. V normálním stavu musí být všechny propojky přítomny.

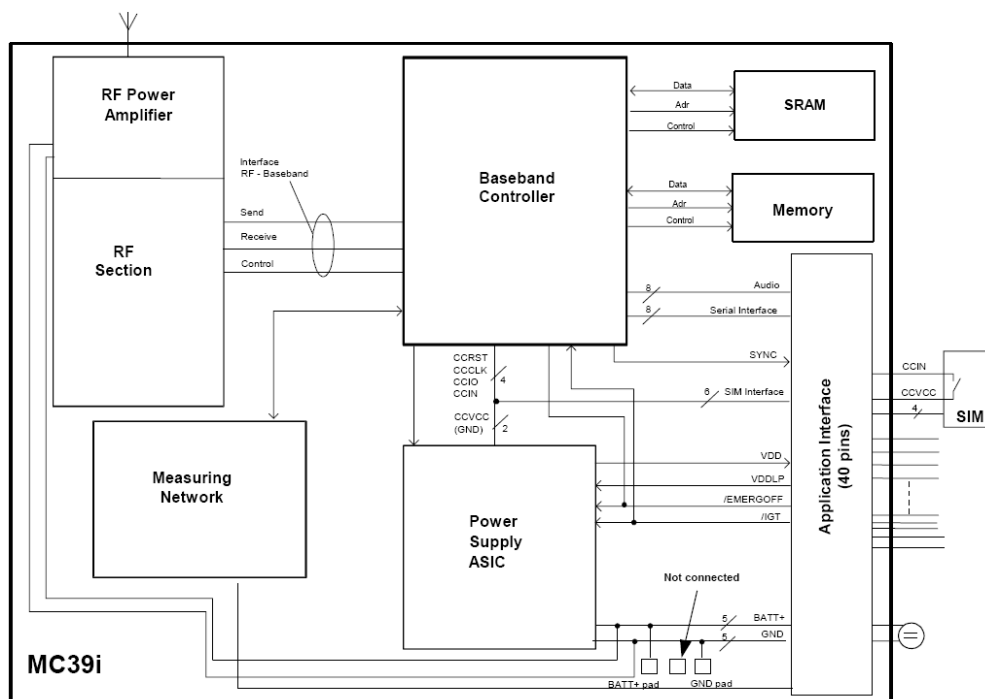
3.5.1 MC39i GSM modul

Na trhu existuje řada dodavatelů GSM modulů, krátce lze jmenovat SIEMENS [1], TELIT[4], TELTONIKA [5], MOTOROLA [6], atd. Při hledání vhodného modulu jsem se zaměřil zejména na cenu a dostupnost modulu. Závěrem jsem zvolil GSM modul MC39i od společnosti SIEMENS.

Základní vlastnosti modulu jsou shrnuty níže.

- Napájecí napětí 3.3-4.8V
- Frekvenční pásmo 900Mhz a 1800Mhz
- Podpora GPRS, třída 10
- UART sběrnice pro komunikaci, rychlost 300bps až 230 400bps
- Rozměry 54.5± 0.2 x 36.0± 0.2 x 3.55± 0.3mm
- Váha 9g

Na obrázku 3-9 je blokové schéma modulu Mc39i převzato z katalogového listu od výrobce [1].

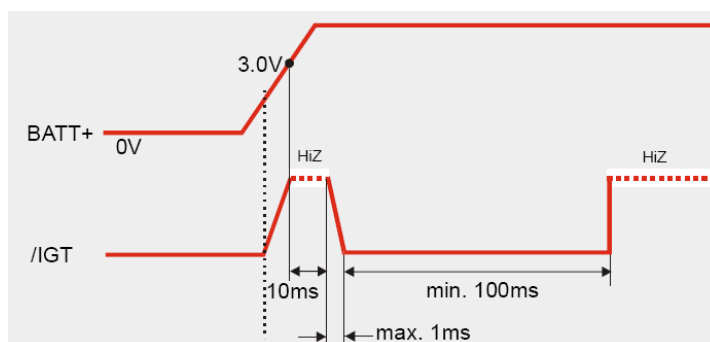


Obrázek 3-9 Blokové schéma Mc39i – převzato od výrobce

Komunikace s modulem probíhá přes sériovou linku pomocí AT příkazů. Modul má plně integrovanou audio část, takže jej lze po připojení mikrofonu a reproduktoru použít k přenosu hovoru. Dále nabízí podporu GPRS, která však není v tomto projektu využita. Modul má také integrovaný RTC, což lze s výhodou využít pro synchronizaci hodin termostatu, atd.

3.5.1.1 Módy a zapnutí modulu

GSM modul má několik pracovních módů v hlavním režimu. Zde je použit pouze „IDLE mode“ ve kterém má GSM modul odběr, cca. 15mA a je stále zaregistrován v síti GSM. Pro zapnutí GSM modulu ze zcela vypnutého stavu se používá signál „/IGT“ viz. Obrázek 3-10.



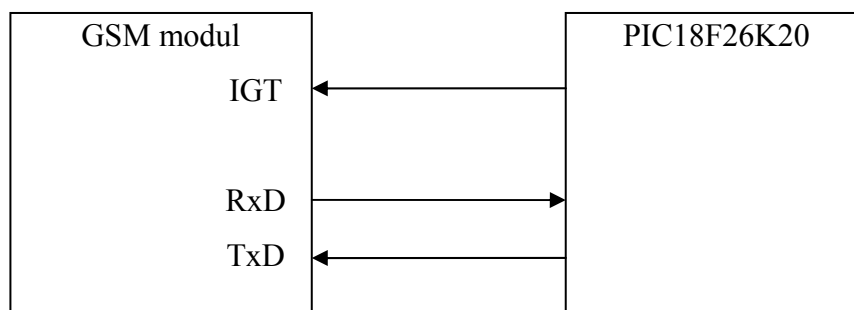
Obrázek 3-10 Průběh zapínání GSM modulu

3.5.1.2 Komunikace GSM modulu s mikrokontrolérem

GSM modul komunikuje s mikrokontrolérem přes sériovou sběrnici UART pomocí signálů Tx, Rx. Signály pro řízení datového toku nejsou v tomto projektu použity z důvodu malého objemu přenášovaných dat, takže není nutné jejich použití.

Pro informaci o příchozí SMS zprávě, případně vyzvánění modul obsahuje výstupní signál „RING“. Tento signál přejde do log. „0“ na 1 vteřinu jakmile přijde SMS zpráva případně jiná data. Na tento výstup je připojena indikační led dioda „RX“, která v podstatě indikuje příchozí volání a zprávy. Současně modul vyšle informaci po sériové sběrnici, která v mikrokontroléru vyvolá přerušení.

GSM modul je k mikrokontroléru připojen dle obrázku 3-11, kde jsou v podstatě signály pro komunikaci a jeden signál pro zapnutí GSM modulu.

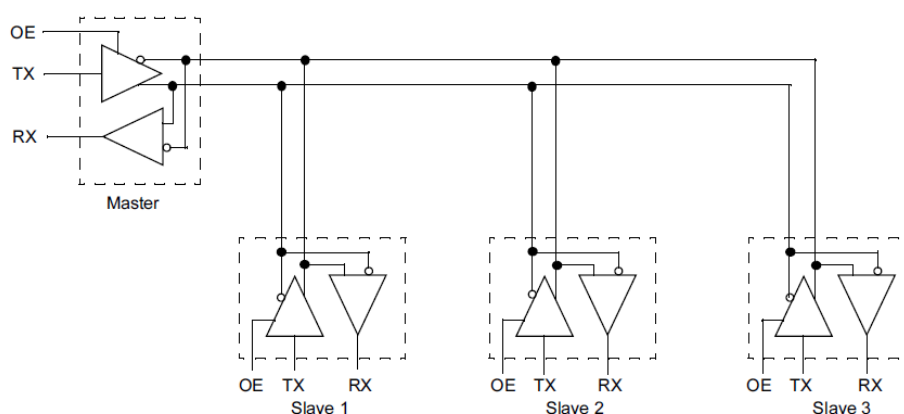


Obrázek 3-11 Připojení GSM modulu k mikrokontroléru

3.6 ROZHRANÍ RS485

Pro komunikaci jednotky s ostatními periferiemi je použit obvod LTC485, což je rozhraní TTL/RS485.

Fyzická vrstva RS485 používá pro přenos dat kroucenou dvoulinku a diferenciální napětí, čímž je výrazně zvýšena šumová imunita. Výstupy RS485 jsou třístavové, tak, že při příjmu jsou ve stavu vysoké impedance, což umožňuje příjem dat. Většinou se používá uspořádání „master – slave“, kde hlavní jednotka je „master“ a nastavuje kdy a s jakým zařízením chce komunikovat. Každé podřízené zařízení „slave“ musí mít unikátní adresu. V tomto zařízení je GSM jednotka „Master“ a ostatní jednotky připojené na sběrnici RS485 jsou „Slave“, což znamená, že je hlavní jednotka postupně adresuje a čeká na odpovědi. Příklad zapojení RS485 rozhraní a jednotek je níže, viz. Obrázek 3-12.

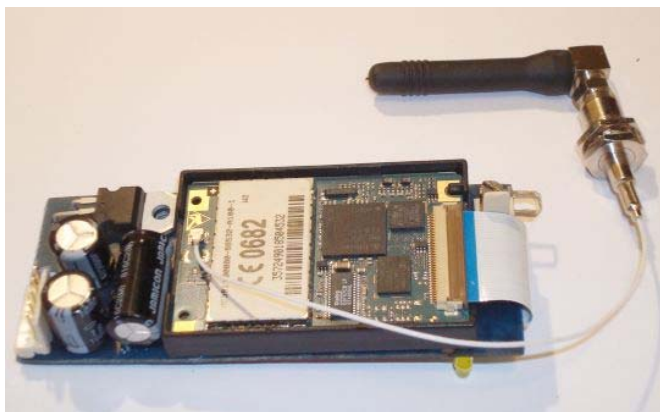


Obrázek 3-12 Zapojení rozhraní RS485 a jednotek na sběrnici

Výstup „RX“ z obvodu LTC485 (sběrnice RS485) je připojen na vstup mikrokontroléru RB2, což je z důvodu, že je možné tento vstup použít pro externí přerušení, které je používáno.

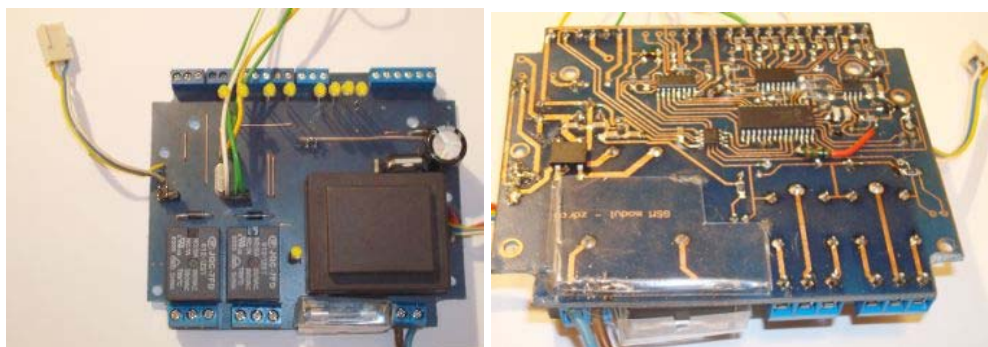
3.7 PLOŠNÝ SPOJ A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Jak už bylo výše zmíněno hlavní jednotka se skládá ze dvou modulů (desek plošných spojů). Obě dvě desky jsou navrženy jako jednostranné v SW Protel. Na obrázku 3-13 je plošný spoj s GSM modulem, který má na druhé straně držák pro SIM kartu jak lze vidět na dalších obrázcích.



Obrázek 3-13 Plošný spoj s GSM modulem

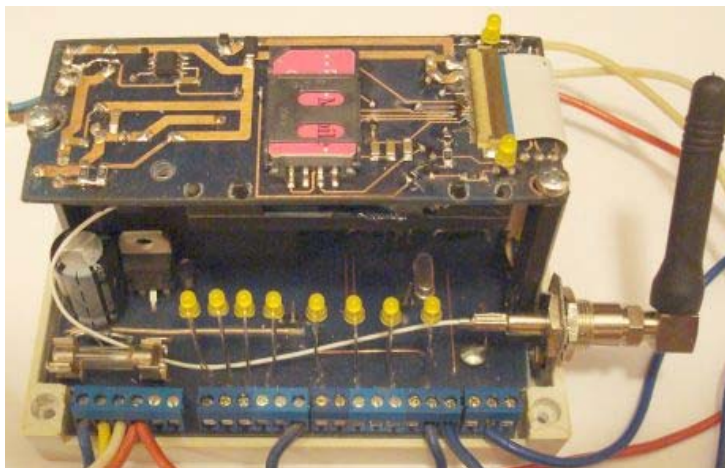
Základní deska GSM jednotky, která obsahuje napájecí zdroj včetně transformátoru, mikrokontrolér, relé atd. je vyobrazena níže, viz. Obrázek 3-14.



Obrázek 3-14 Základní deska GSM jednotky

Deska s GSM module je otočená o 180° a je přišroubována přes distanční sloupky k základní desce tak jak je vyobrazeno na obrázku 3-15. Toto řešení umožňuje dobrý přístup k SIM kartě. Většina součástek je v SMD provedení tak aby se zachovaly malé rozměry celé jednotky. Všechny rezistory jsou s tolerancí $\pm 1\%$.

Obě desky jsou navzájem propojeny pomocí dvou konektorů, což umožňuje snadný přístup k oběma modulům.



Obrázek 3-15 Uspořádání GSM jednotky

Obě dvě desky jsou umístěny v krabičce U-KPDIN3, která je dostupná např. v GM electronic [8], viz. Obrázek 3-16.

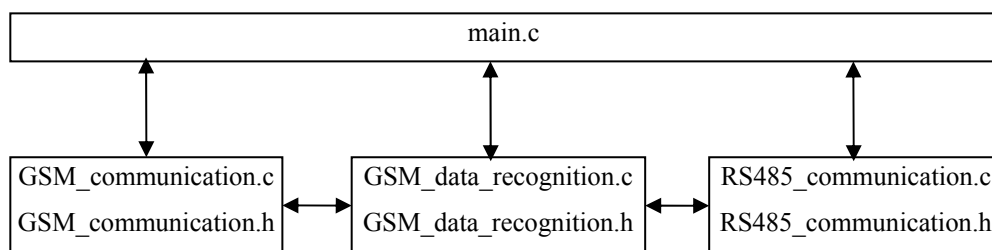


Obrázek 3-16 Finální vzhled GSM jednotky

4. GSM JEDNOTKA - SW

Pro vývoj SW bylo použito integrované vývojové prostředí MPLAB od společnosti Microchip [10] a překladač pro jazyk C, C18, který je také od této společnosti. MPLAB nabízí mimo jiné také integrovaný simulátor, který výrazně usnadňuje vývoj SW pro jednočipové mikrokontroléry řady PIC.

Až na malé výjimky je celý program mikrokontroléru napsán v jazyce C a skládá se z několika částí, viz. Obrázek 4-1.



Obrázek 4-1 Struktúra programu

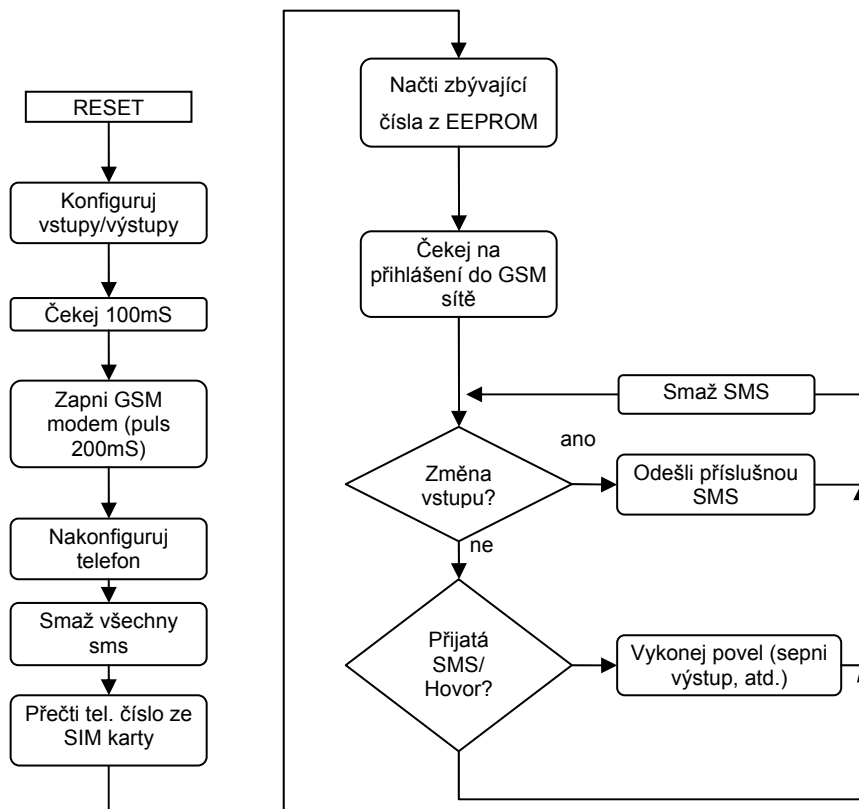
Smyčka programu běží v hlavním modulu „main“. Tato smyčka neustále kontroluje vstupy a reaguje na jejich případné změny. Dále je v tomto modulu provedená kompletní inicializace a konfigurace mikrokontroléru s GSM modulem.

Příchozí data z GSM modulu vyvolají přerušení, které je zpracováno v modulu „GSM_communication“, což je modul zpracovávající data a obstarává komunikaci s GSM modulem. Tento modul také rozpoznává AT příkazy z GSM modulu a ověřuje telefonní čísla.

V případě příchozí SMS zprávy je volán modul „GSM_data_recognition“, který porovná příchozí text s příkazy, které jsou uloženy v EEPROM a v případě jejich shody provede odpovídající akci.

Poslední modul „RS485_communication“ je modul sloužící ke komunikaci se zařízeními na RS485 sběrnici, v našem případě s termostatem. Tento modul obsahuje SW komunikaci po sběrnici a zajišťuje ukládání dat do zásobníku při příjmu a odesílání dat ze zásobníku.

Základní vývojový diagram SW pro hlavní jednotku je níže, na obrázku 4-2.



Obrázek 4-2 Hlavní vývojový diagram

Po zapnutí/resetu je provedena konfigurace vstupů/výstupů a následně je zapnut GSM modul. Po zapnutí GSM modulu je modem nakonfigurován pomocí AT příkazů, jsou smazány všechny SMS zprávy, přečteno první telefonní číslo uložené na SIM kartě a vyčkává se na přihlášení do GSM sítě. Přihlášení do GSM sítě je indikován žlutou LED diodou „GSM status“. Poté co je GSM modul inicializován a přihlášen „Idle“ módu potom začíná smyčka, která cyklicky kontroluje vstupy a pohyb na sériové lince (přijatý hovor, příchod SMS, příchod zprávy od termostatu, atd.) a na základě změn vykonává příslušné povely.

4.1 KONFIGURACE GSM MODULU

GSM modul se musí po zapnutí nejprve nakonfigurovat. AT příkazy pro konfiguraci jsou sepsány níže, viz. Tabulka 4-1. Všechny tyto příkazy jsou uloženy v paměti mikrokontroléru, který je postupně odesílá na GSM modul.

Příkaz	Popis
AT+IPR=0	Nastaví autobanding
AT^SSYNC=1	Přepne indikační LED diodu do stavu indikace dle tabulky
AT+COPS=0	Nastavení vyhledávání operátora, 0=automaticky
AT+CMGF=1	Nastavení SMS formátu na text
AT+CNMI=1,1	Nastavení indikace příchozí SMS, rozsvítí LED na 1 vteřinu
AT+CLIP=1	Nastaví zobrazování informací při volání

Tabulka 4-1 Seznam použitých konfiguračních příkazů

4.2 ODESÍLÁNÍ SMS ZPRÁVY

Odeslání SMS zprávy je složeno z několika následujících kroků:

- Odešli příkaz "AT+CMGS="
- Odešli telefonní číslo, např. "+420733283239" {0D} "
- Čekej na znak ">"
- Odešli text sms zprávy
- Odešli ukončovací znak "0x1A"

Texty všech zpráv jsou uloženy v EEPROM paměti a můžou být změněny pomocí sms zprávy. Zdařilé odeslání SMS zprávy je indikováno zprávou "OK". V případě změny vstupu jsou nejprve zkopírovány data z EEPROM do zásobníku v RAM, které náleží tomuto vstupu, jméno a stav vstupu. Poté je celý text odeslán výše zmíněnou sekvencí.

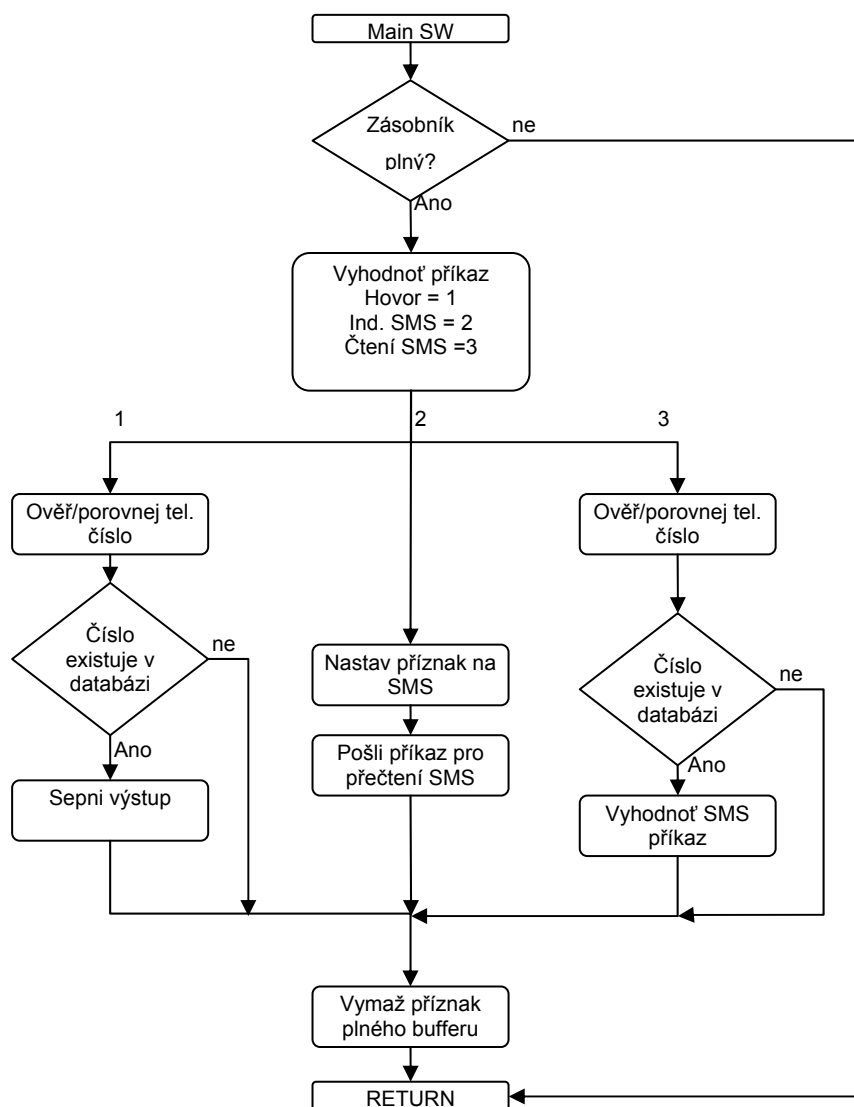
4.3 VYHODNOCENÍ PŘÍCHOZÍHO HOVORU/SMS

Vyhodnocení probíhá v podstatě v několika krocích a probíhá offline, tzn. že se řetězec vyhodnocuje až po jeho kompletním uložení. Vyhodnocování lze rozdělit na dvě základní části:

- vyhodnocení příkazu s ověřením platnosti telefonního čísla
- vyhodnocení textu SMS zprávy

Jakmile je příznak „Buffer“ nastaven spustí se podprogram níže, viz. Obrázek

4-3.



Obrázek 4-3 Vyhodnocení příchozího řetězce - příkazu

V případě, že se nejedná o čtení textu SMS, což je většina případů tak se čeká na sekvenci příchozích znaků „0x0A“. Touto sekvencí začínají všechny příkazy. Jakmile se tato sekvence objeví, tak se následující znaky ukládají do zásobníku až do příchodu znaku „0xD“ a nebo přetečení maximálního počtu znaků

zásobníku, což je 35znaků. Po naplnění zásobníku se nejprve vyhodnotí AT příkaz a poté tel. číslo.

V podstatě se vyhodnocují 3 následující AT příkazy:

- Příchozí hovor indikován následujícím řetězcem:

`0D0ARING0D0A0D0A+CLIP: "+420738295269",145,,00D0A`

- Příchozí SMS je indikována následujícím řetězcem:

`0D0A+CMTI: "MT",50D0A`

- Čtení SMS je v následujícím formátu/řetězci:

`AT+CMGr=10D0D0D0A+CMGR: "REC READ","+420738295269",
 ,"08/10/16,21:31:40+08"0D0ASMS zprava0D0A0D0AOK0D0A`

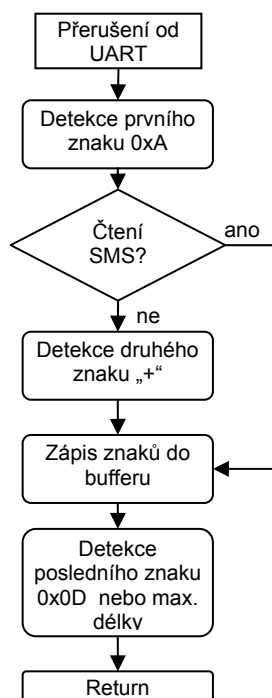
V případě, že se telefonní číslo shoduje s čísly uloženými v SIM, případně EEPROM, tak se nastaví příznak přijatého příkazu, což se později vyhodnotí a zpracuje v hlavním programu.

Jestliže je příkaz vyhodnocen jako čtení SMS, tak se nastaví příznak pro příjem do druhého zásobníku jakmile je přijmut znak 0x0A. Od tohoto okamžiku se všechny příchozí znaky ukládají do zásobníku pro SMS zprávu/text. Po příchodu ukončovacího znaku 0x0D nebo přetečení zásobníku, jehož kapacita je 160znaků se záznam příchozích znaků ukončí a přejde se na vyhodnocování SMS zprávy.

4.4 NAČTENÍ ŘETĚZCE Z GSM MODULU DO ZÁSOBNÍKU

Jakmile přijde jakýkoliv řetězec po sériové lince od GSM modulu, je vygenerováno přerušení a spuštěn podprogram, viz. Obrázek 4-4.

Podprogram kontroluje příchod prvního znaku „0xA“, po příchodu tohoto znaku se čeká na druhý znak „+“.



Obrázek 4-4 Načtení příchozího řetězce - příkazu

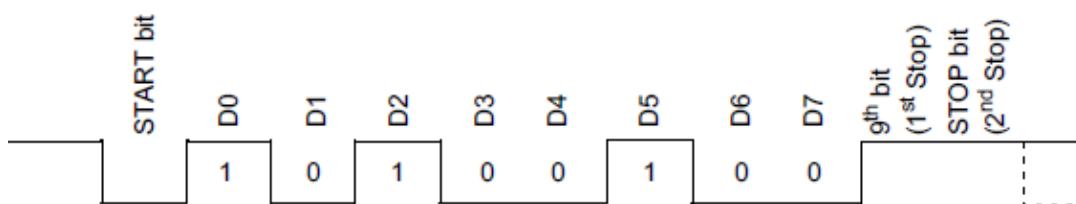
O tohoto okamžiku se začnou ukládat všechny znaky až do příchodu ukončovacího znaku „0xA“, kdy je ukládání ukončeno a příznak „Buffer“ je nastaven a je zavolána funkce pro vyhodnocení řetězce.

4.5 SÉRIOVÁ KOMUNIKACE SE ZAŘÍZENÍMI NA RS485

Jelikož mikrokontrolér má pouze jedno rozhraní UART, které je již použito pro komunikaci s GSM modulem, tak sériové rozhraní pro komunikaci po RS485 je implementováno SW pomocí přerušení a časovače. Pro příchozí data i pro časovač se používá přerušení s nejvyšší prioritou, což zaručuje velice rychlou odezvu. K implementaci jsem částečně vycházel z aplikačních listů společnosti Microchip [10]. Komunikace po RS485 se skládá nejprve z adresy, která je devíti bitová, a dále se data už přenáší pomocí osmi bitů. Standardní osmi bitový signál je znázorněn níže, viz. Obrázek 4-5. Devíti bitový přenos s devátým bitem pro adresaci, případně jako kontrolní/paritní bit je zobrazen níže, viz. Obrázek 4-6.



Obrázek 4-5 Osmi bitový rámec pro přenos dat



Obrázek 4-6 Devíti bitový rámec pro přenos adresy

Přenos vždy začíná startovacím bitem, který je v log. 0. Poté jsou přenesena data, 8 bitů a nakonec STOP bit v případě, že se jedná o 8 bitový formát. V případě 9 bitového formátu je na konci další bit, který může být použit pro více účelů. Devátý bit lze použít jako paritní bit, druhý STOP bit a nebo jako příznak adresy, což je náš případ. Adresa je indikovaná tak že je devátý bit v log. 0.

Jako časovač je použit TMR0, který obsahuje 8 bitovou předděličku. Hodnota přednastavení časovače závisí na kmitočtu vnitřních hodin mikrokontroléru a požadované rychlosti přenosu dat. Kmitočet oscilátoru mikrokontroléru je 8MHz, což odpovídá kmitočtu hodin 2MHz. Přenosová rychlost po sběrnici RS485 byla stanovena na 2400bps. Výpočet hodnoty TMR0 je níže, viz. (4-1).

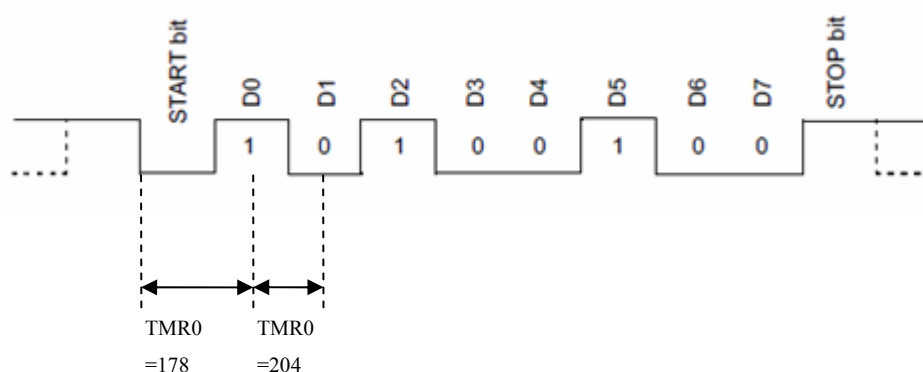
$$\text{Dělicí poměr} = 1/(\text{perioda vnitřních hodin [s]} * \text{rychlost přenosu [Bd]}) \quad (4-1)$$

$$\text{Dělicí poměr} = 1/(0,0000005 * 2400) = 833.3333$$

Jelikož TMR0 je pouze osmi bitový a čítá pouze směrem nahoru tak je nutno ještě nastavit předděličku a výsledek odečíst od 256. V případě nastavení předděličky na 16 je výsledná dělicí poměr 52, což odečteme (256-52) a získáme hodnotu 204 pro TMR0.

4.5.1 Příjem dat

Pro příjem dat je používáno externí přerušení na sestupnou hranu. Jakmile přijde startovací bit, tak jeho sestupná hrana vyvolá okamžité přerušení. V přerušení se nastaví časovač na 1.5 periody časovače pro vysílání, tzn. hodnota pro TMR0 je 178 ($256 - 52 - 52/2$). Tato prvotní hodnota časovače posune čtení přijímaných bit do jejich poloviny, viz. Obrázek 4-7. Dále se zakáže přerušení na sestupnou hranu a povolí přerušení od časovače TMR0, který se spustí.



Obrázek 4-7 Časování TMR0 při příjmu

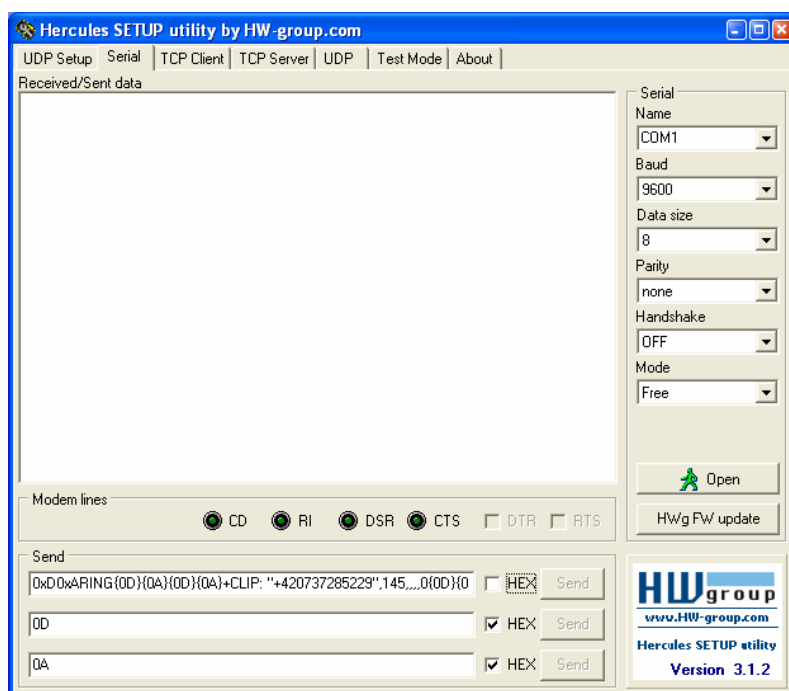
Jakmile časovač přeteče přes hodnotu 256, je vyvoláno přerušení od tohoto časovače. Během přerušení se uloží hodnota vstupu, opět se nastaví časovač, tentokrát již na hodnotu 204 a spustí se. Toto se opakuje až do příchodu všech osmi bitů. Jakmile je všech osm bitů přijato, zkopírují se do zásobníku a opět se povolí přerušení na sestupnou hranu, aby se mohl celý cyklus opět opakovat v případě dalších příchozích dat.

4.5.2 Vysílání dat

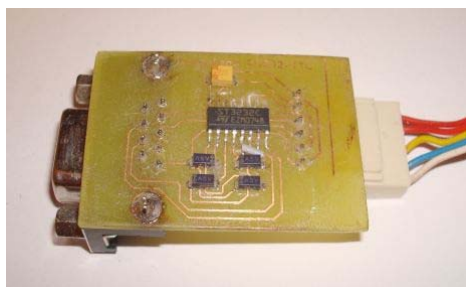
1. Pro odeslání dat/bajtu, se opět využívá přerušení, ale pouze od časovače TMR0. Jakmile se odešle start bit, spustí se časovač. Po přetečení časovače je vyvoláno přerušení, kde se na výstupu nastaví další bit a časovač je opět nastaven a spuštěn. Tento cyklus se opakuje dokud není odesláno všech devět bitů.

4.5.3 Ladění SW

Jelikož v zařízení nejsou, žádné zobrazovací prvky kromě LED diod, použil jsem k ladění SW použil volně dostupný terminál „Hercules“ od HW group[13], převodník TTL/RS232 a TTL/RS485 vlastní výroby, viz. Obrázek 4-8 a Obrázek 4-9.



Obrázek 4-8 SW Hercules pro komunikaci po RS232



Obrázek 4-9 Přípravek TTL/RS232 a TTL/RS485

5. PROGRAMOVATELNÝ TERMOSTAT

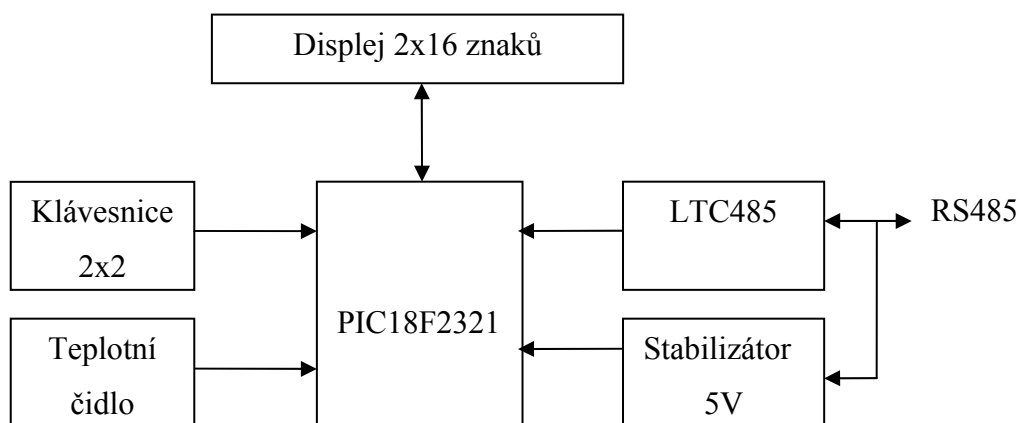
Termostat je navržen jako samostatný modul komunikující s GSM jednotkou po sběrnici RS485, ale umožňuje i ruční nastavení bez mobilního telefonu. Návrh je optimalizován zejména s ohledem na cenu a vysokou užitnou hodnotu. Termostat neobsahuje výkonový spínací prvek, ale využívá výkonové výstupy v GSM ústředně, které ovládá přes RS485. Čas a datum termostatu jsou pravidelně synchronizovány s GSM ústřednou, která obsahuje hodiny reálného času v GSM modulu.

5.1 ZAPOJENÍ - HW

Blokové schéma termostatu je znázorněno níže, viz. Obrázek 5-1. Základem celého termostatu je mikrokontrolér, který jsem zvolil opět od společnosti Microchip, typ PIC 18F2420. Při výběru jsem vycházel z následujících požadavků:

- Podpora sběrnice RS485
- EEPROM případně možnost zapisovat na FLASH
- Podpora ICSP – pro možnost pozdější aktualizace firmwaru
- Integrovaný A/D převodník s rozlišením min. 10bitů

Vzhledem k možnosti programování termostatu jsem pro dobrou přehlednost použil znakový displej 2x16znaků a pro ovládání čtyř tlačítkovou klávesnici. Termostat je napájen z hlavní jednotky dalšími dvěma vodiči, které vedou společně s RS485 v jednom kabelu. Napětí je stabilizováno na 5V interním stabilizátorem.



Obrázek 5-1 Blokové schéma termostatu

5.1.1 Mikrokontrolér

Mikrokontrolér je zapojen s využitím funkce vnitřního RESET signálu, což ušetřilo použití dalšího obvodu pro zajištění tohoto signálu.

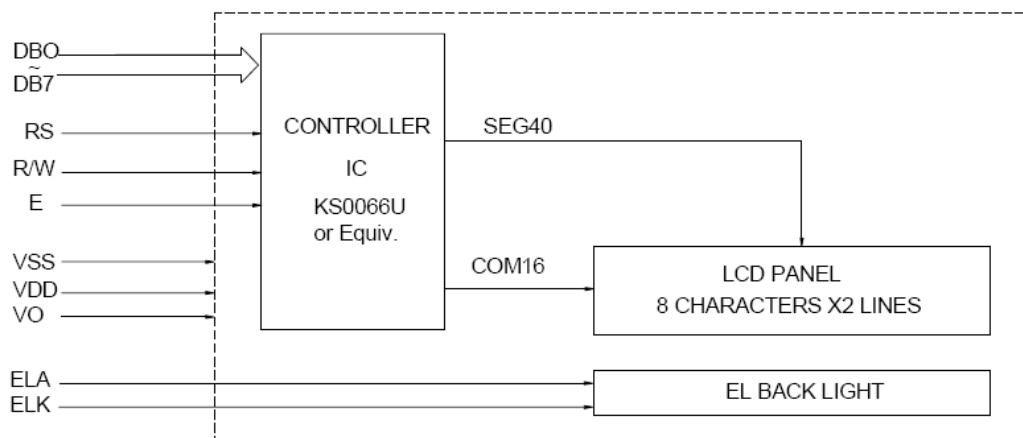
Mikrokontrolér umožňuje připojení dvou krystalů, jeden pro taktování CPU a druhý pro vnitřní časovač, např. RTC, dále obsahuje také interní oscilátor, který lze použít pro taktování CPU.

Jako zdroj taktovacích hodin pro mikrokontrolér je využit interní oscilátor mikrokontroléru s frekvencí 8Mhz, což je zcela dostačující rychlost pro dané použití. K mikrokontroléru je připojen krystal s frekvencí 32,768 Khz pro taktování hodin, které jsou pravidelně synchronizovány s GSM jednotkou.

Mikrokontrolér je napájen ze stabilizovaných +5V, které zároveň slouží jako referenční napětí pro integrovaný A/D převodník.

5.1.2 Displej

Pro zobrazování stavů je použit znakový displej 2x16 znaků GDM1602A, který používá ekvivalent standardního řadiče HD44780. Dostatečný popis tohoto displeje lze najít v [9] a [10]. Blokové schéma od výrobce tohoto displeje je na obrázku 5-2. Displej je napájen ze stabilizovaných +5V a vývod „Vo“ je zapojen přes dělič, který slouží k nastavení kontrastu displeje. Hodnoty děliče byly nastaveny experimentálně pro dosažení požadovaného jasů.



Obrázek 5-2 Vývody a blokové schéma MC1602

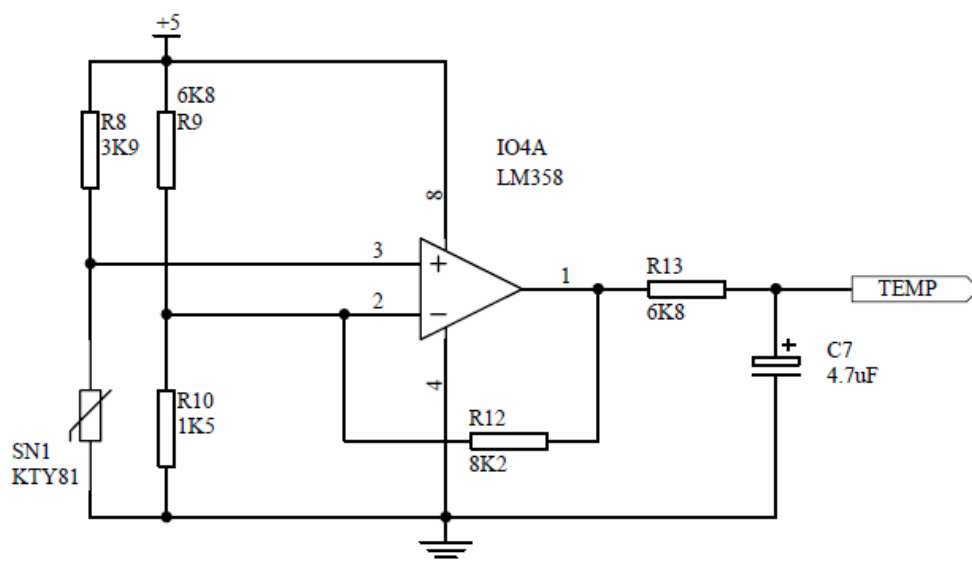
5.1.2.1 Komunikace

Komunikace s displejem může probíhat po čtyř bitové nebo osmi bitové datové sběrnici. Rozhodl jsem se pro osmi bitovou datovou sběrnici, která je jednodušší z hlediska programového vybavení.

Po zapnutí zařízení mikrokontrolér inicializuje LCD displej pomocí výrobcem doporučené sekvence. Při změně módu termostatu se vždy nejprve načte celé pozadí displeje a potom se na požadovaných místech pravidelně aktualizují proměnné hodnoty (teplota, čas, atd.).

5.1.3 Teplotní čidlo

Na místě teplotního čidla je použit odporový senzor z řady KTY 81 kde je napětí zesíleno pomocí běžného operačního zesilovače LM358. Odpor KTY81 je $990\text{--}1100\Omega$ při 25°C a teplotní koeficient $0,79\%/K$. Rezistory R8, R9 a R10 společně s teplotním čidlem tvoří můstek.



Obrázek 5-3 Zapojení teplotního čidla

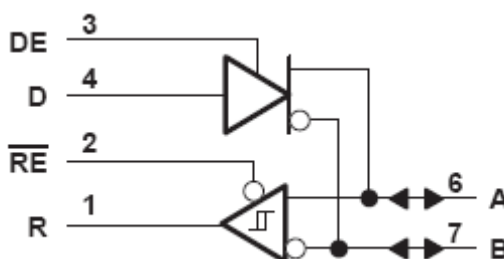
Teplotní čidlo je napájeno přes rezistor R8 proudem přibližně 1mA dle doporučení výrobce. Napětí z odporového čidla, které se mění s teplotou přibližně v poměru $6,3\text{mV/K}$ je vedeno do operačního zesilovače kde je zesíleno přibližně

10x. Výstup z operačního zesilovače je veden přes dolnofrekvenční filtr R13 a C7 na vstup A/D převodníku v mikrokontroléru. Jako referenční napětí je použito hlavní napájecí napětí 5V, které je stabilizováno pomocí stabilizátoru 7805. Vzhledem k faktu, že proud zařízení je poměrně stabilní, je toto řešení vzhledem k požadované přesnosti dostatečné. Teplotní koeficient IO 7805 je pouze -0.3mV/K , což ovlivní napětí na senzoru pouze $\Delta 60\mu\text{V/K}$, a způsobí chybu $<0,02\text{K/K}$. Vzhledem k nízkým nárokům na přesnost a korekce teploty v SW není nutno tuto hodnotu přesně počítat. Nepřesnosti, tolerance rezistoru, offset OZ, atd. byly zanedbány, protože je lze později korigovat v programu mikrokontroléru. Zapojení bylo navrhováno a simulováno s pomocí „TINA-TI“ SW od společnosti Texas Instruments [16].

5.1.4 Napájení a komunikace

Vzhledem k předpokládanému nízkému odběru termostatu (řádově desítky mA) je použit běžný lineární stabilizátor 7805, který dodává stabilizované napájecí napětí 5V pro všechny části termostatu. Obvod je zapojen dle doporučení výrobce kde na vstupu a výstupu jsou blokovací kondenzátory.

Jako rozhraní mezi mikrokontrolérem a linkou RS485 je použit obvod SN75186 od společnosti Texas instrument [14], který bez jakýchkoliv dalších součástek přizpůsobuje napěťové úrovně mikrokontroléru a sběrnice RS485. Na obrázku 5-4 je blokové schéma obvodu převzaté od výrobce. Obvod obsahuje vysílač, přijímač a vstupy pro jejich řízení.



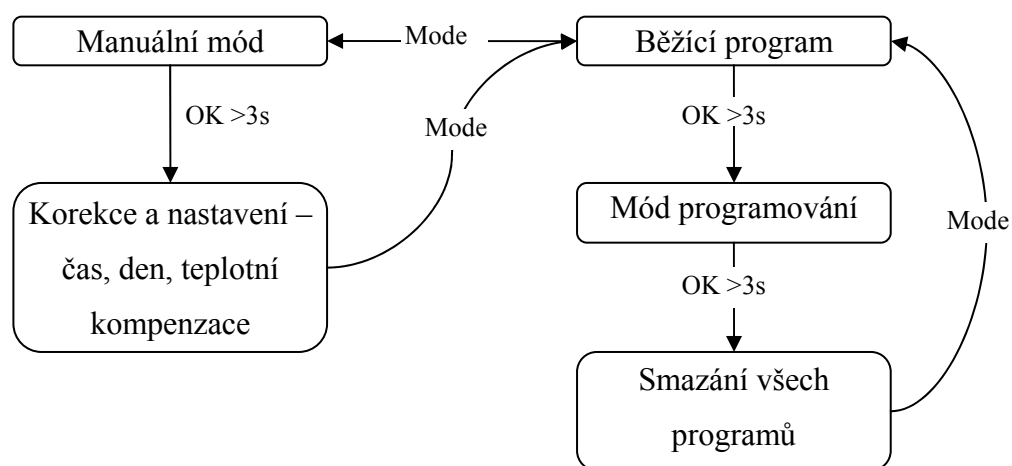
Obrázek 5-4 Blokové schéma SN75186

5.2 OVLÁDÁNÍ TERMOSTATU

Termostat má 4 tlačítka jak již bylo výše uvedeno. Význam těchto tlačítek je následující:

- | | |
|-------------|----------------------------------|
| ↑ | - změna hodnoty, programu |
| ↓ | - změna hodnoty, programu |
| Ok | - posun kurzoru na další položku |
| Mode | - přepínání módů |

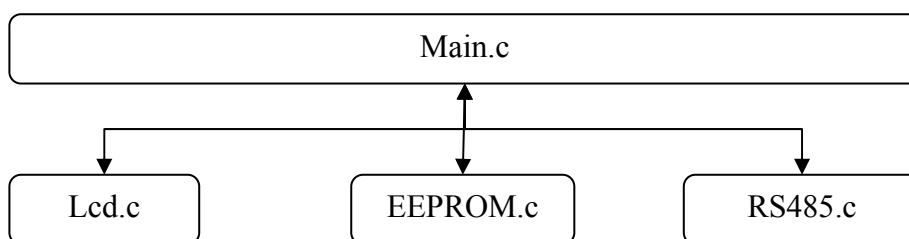
Termostat má v podstatě pět různých zobrazení, které umožňují různé funkce. Pro běžné ovládání a použití je nejdůležitější mód „Manuální mód“ a mód „Běžící program“. Mezi těmito programy se lze jednoduše přepínat pomocí tlačítka „Mode“. Do ostatních módů se lze dostat z výše zmíněných módů pomocí dlouhého stisku tlačítka „Ok“. Toto řešení zajistilo dobrý přehled módu termostatu a zajistilo jednoduchost obsluhy. Kompletní provázanost módů a jejich přístupnost přes jednotlivá tlačítka je znázorněno níže, viz. Obrázek 5-5.



Obrázek 5-5 Přehled provázanosti jednotlivých módů

5.3 OBECNÝ POPIS PROGRAMU

Celý program pro termostat byl napsán jazyku C a odladěn v vývojovém prostředí MPLAB od společnosti Microchip. Celý program se skládá z několika zdrojových programů, viz. Obrázek 5-6. Každý modul má také příslušné hlavičkové soubory, které již nejsou zobrazeny níže.



Obrázek 5-6 Moduly programu

Hlavní smyčka běží v modulu „main.c“, kde se průběžně kontroluje stav tlačítek, převod a čtení napětí z teplotního čidla a, dle zvoleného módu, zobrazování na LCD displeji.

Pro řízení LCD displeje slouží modul „LCD.c“, který potřebné programy pro inicializaci LCD, mazání LCD a zápis znaků na LCD. Mimo jiné tento modul také obsahuje podprogramy pro převod teploty, času a dalších proměnných na znakovou ASCII sadu, která je potřebná pro LCD displej.

Pro komunikaci a dalších funkcí s EEPROM slouží programový modul „EEPROM“. Tento modul zajišťuje zápis, čtení a mazání EEPROM.

Poslední programový modul „RS485“ slouží pro zajištění komunikace po sběrnici RS485 s GSM jednotkou. Tento modul zajišťuje uložení příchozích bajtu, včetně jejich vyhodnocení a zajišťuje také vysílání celých řetězců. Mimo jiné tento modul rovněž obsahuje podprogramy pro konverzi znaků, které jsou potřeba například pro převod z ASCII do tvaru „int“, atd.

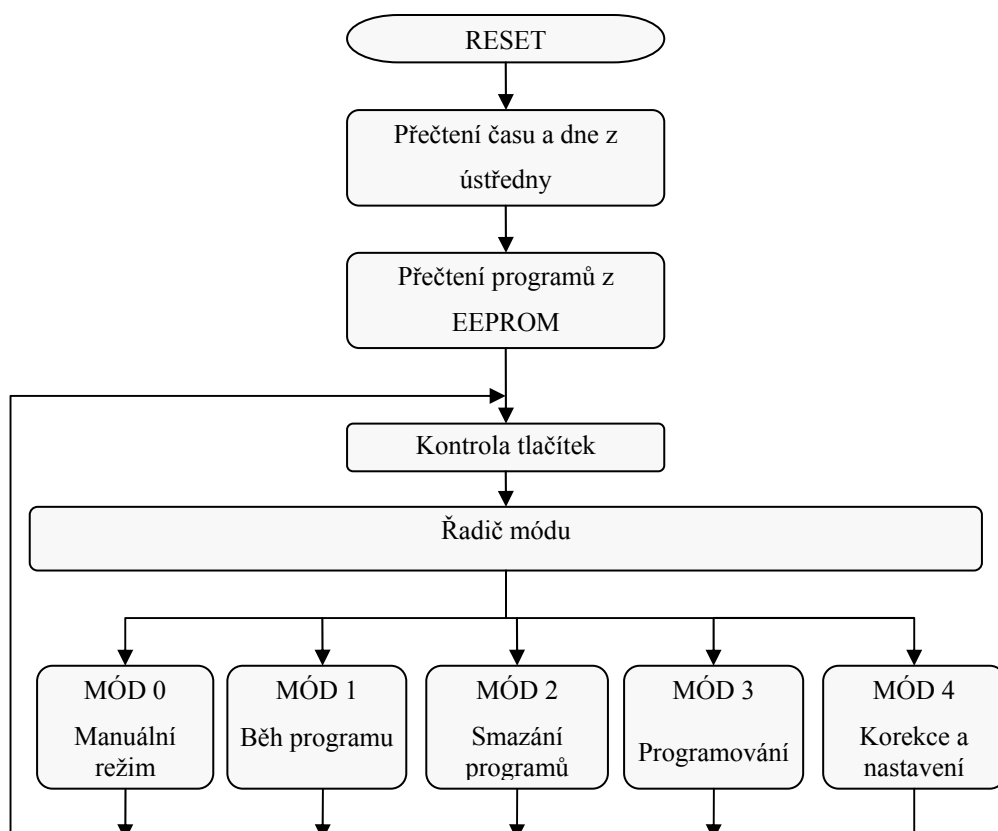
Celý program zabírá přibližně 10KB FLASH paměti z celkových 16KB, tudíž ještě zbývá volný prostor pro rozšíření funkcí termostatu.

5.4 POPIS BĚHU PROGRAMU

Po resetu mikrokontrolér požádá ústřednu přes RS-485 o aktuální datum a čas. V dalším kroku je provedena kontrola stavu tlačítek včetně ošetření proti zákmitům. Stav tlačítek je uložen v registru „Butt_F“.

V dalším kroku program odbočí na příslušný podprogram dle hodnoty registru „Mod“.

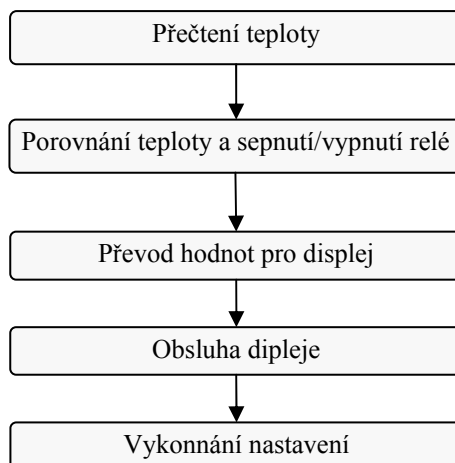
Dále se vykonává příslušný podprogram po jehož ukončení se opět začíná na kontrole tlačítek.



Obrázek 5-7 Normální běh programu

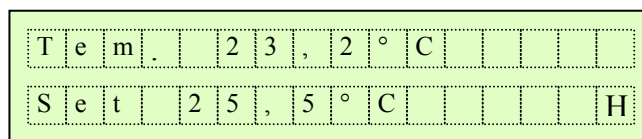
5.4.1 Múd 0 - Manuální režim

V tomto režimu neběží žádný program termostatu a termostat plní funkci jednoduchého termostatu, kde zobrazuje současnou teplotu, požadovanou teplotu a stav výstupního relé. Hystereze termostatu je nastavena pevně v programu na 0.5°C.



Obrázek 5-8 Manuální režim

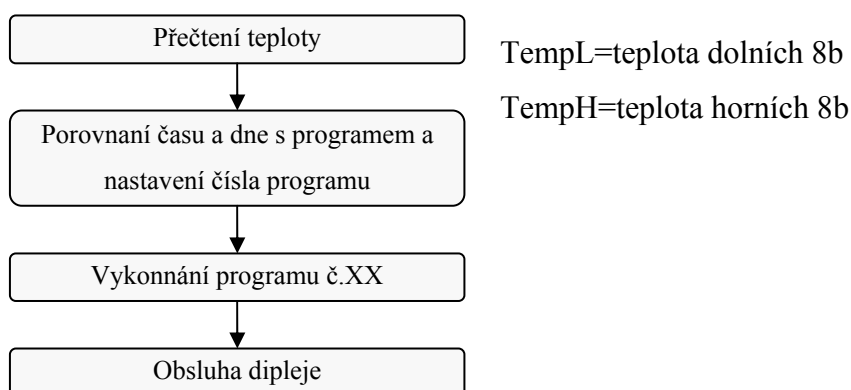
Displej v tomto režimu zobrazuje současnou teplotu, požadovanou teplotu a stav výstupního relé (H/C), viz. Obrázek 5-9. Požadovanou teplotu lze nastavit jednoduše pomocí tlačítek „↑“ a „↓“, přičemž při jejich delším stisku je hodnota automaticky zvyšována/snižována. Krok pro nastavení byl zvolen na 0.5°C, což je kompromis mezi rychlostí nastavování a přesností.



Obrázek 5-9 Displej pro mód 0

5.4.2 Múd 1 – Normální běh programu

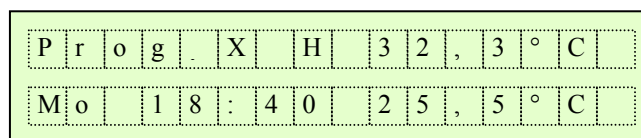
V tomto režimu se vykonávají předem nastavené teplotní programy. Program nejprve přečte teplotu z teplotního čidla, potom porovná aktuální čas a datum s programy a v případě, že se shoduje s některým programem, nastaví příslušný příznak program X, který v dalším kroku řídí relé termostatu. V posledním kroku jsou zobrazeny všechny aktuální údaje na displej.



Obrázek 5-10 Normalní běh programu

Displej, viz. Obrázek 5-11 zobrazuje v tomto režimu následující údaje:

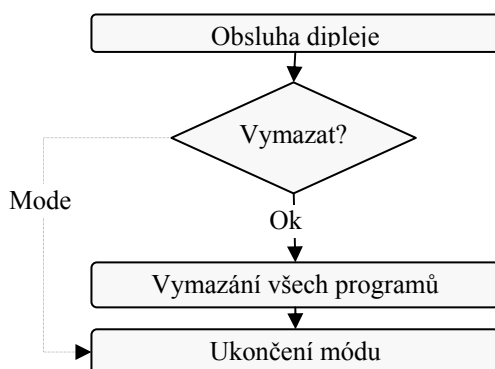
- číslo programu 1 - 9
- aktuální teplotu v prvním řádku
- H/C-indikuje, zda topí/netopí
- aktuální den a čas
- požadovanou teplotu.



Obrázek 5-11 Displej pro mód 0

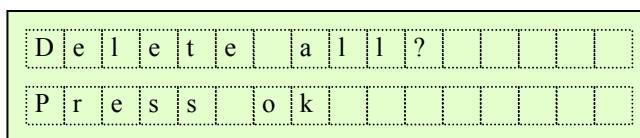
5.4.3 Mód 2 – Mazání

Tento režim umožňuje smazání všech programů. Do tohoto režimu lze vstoupit z režimu programování, dlouhým stiskem tlačítka „Ok“. Jakmile se v tomto režimu opět stiskne tlačítko „Ok“ tak budou smazány všechny programy. Tento režim lze ukončit i bez smazání všech programů a to tlačítkem „Mode“.



Obrázek 5-12 Mazání programů

Displej zobrazuje pouze otázku, zda smazat programy tak stiskněte tlačítko „Ok“, viz. Obrázek 5-13.



Obrázek 5-13 Displej pro mód 2

5.4.4 Mód 3 – Programování

V režimu programování lze naprogramovat, kdy a jakou teplotu požadujeme. Lze vytvořit celkově až 9 programů na maximálně 7 dnů v týdnu. Všechny proměnné programu jsou ukládány v následující formě:

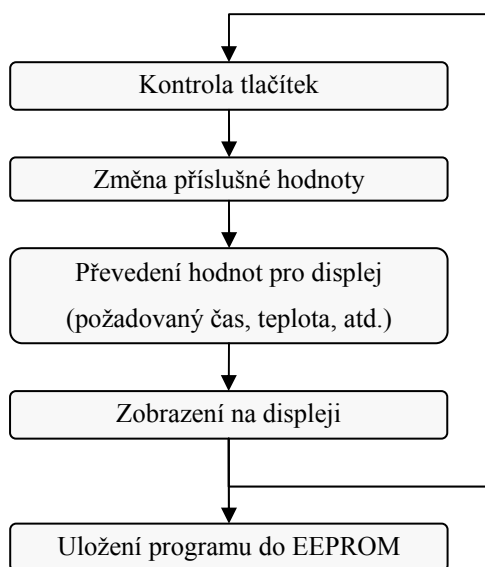
Požadovaná teplota: 16b (2B)

Čas: 16b (2B) 24hodin x 60minut = 1440

Den v týdnu: 0 – 7 3b (1B)

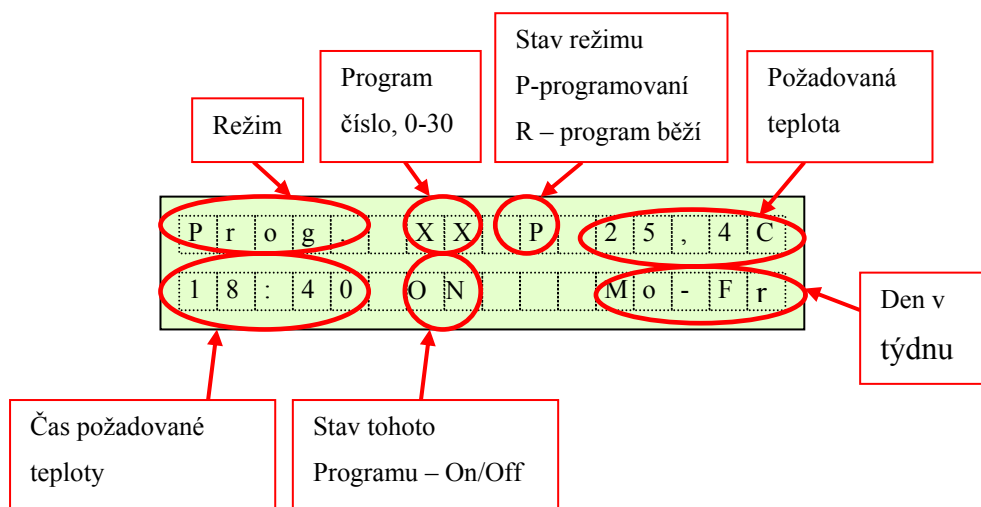
Aktivní program: 1b (1B)

Pro tuto formu ukládání dat je zapotřebí 6B pro jeden program. Počet programů je omezen úmyslně, jelikož maximální délka standardní SMS je 160 znaků. V případě více programu by bylo nutné pro informaci o programech odeslat více SMS.



Obrázek 5-14 Režim programování

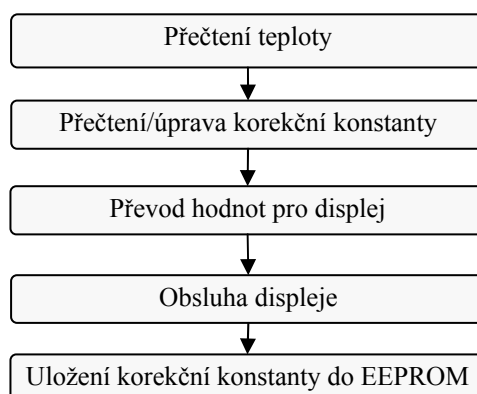
Displej zobrazuje, viz. Obrázek 5-15: číslo programu, zda je program aktivní, mód, den v týdnu, čas a požadovanou teplotu.



Obrázek 5-15 Displej pro mód 3

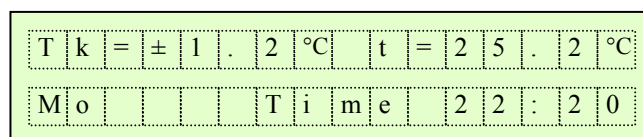
5.4.5 Mód 4 – Korekce teploty

V tomto režimu program neběží a termostat je v režimu korekce teploty, kde uživatel může nastavit absolutní konstantu, která je přičtená, případně odečtena od měřené hodnoty. Dále lze nastavit čas a den v týdnu.



Obrázek 5-16 Režim – korekce teploty

Displej zobrazuje současnou teplotu, korekční konstantu T_k , den v týdnu a čas. viz. Obrázek 5-9.



Obrázek 5-17 Displej pro mód 4

5.4.6 Přerušení

V programu termostatu se využívá několik přerušení, které jsou vyvolány z následujících zdrojů:

- RS-485 (UART) – v případě příchozího znaku, ale i v případě vysílání, kdy se přerušení vyvolá, jakmile je zásobník pro vysílání prázdný.
- Časovač, RTC - vyvolá přerušení, jakmile přeteče časovač, který řídí aktuální čas termostatu.

5.4.7 Komunikace termostatu po RS-485

Termostat komunikuje s nadřazeným zařízením (GSM jednotkou) po sběrnici RS-485 a chová se pasivně, tzn., že čeká na dotaz od nadřazeného zařízení. Ke komunikaci je využita EUART periferie mikrokontroléru, která je nastavena pro devíti bitovou komunikaci, kde devátý bit rozlišuje, zda se jedná o adresu nebo data. Rychlost komunikace byla zvolena 2400bps s ohledem na možnosti komunikace GSM jednotky, kde je komunikace obsluhována zcela programově, jelikož jediná UART jednotka v mikrokontroléru je již použita pro komunikaci s GSM modulem.

Celý paket se skládá z adresy, počátečního (startovacího) znaku, příkazu, parametru/dat a ukončovacího znaku tak, jak je níže v tabulce 5-1.

Tabulka 5-1 Velikost datového paketu

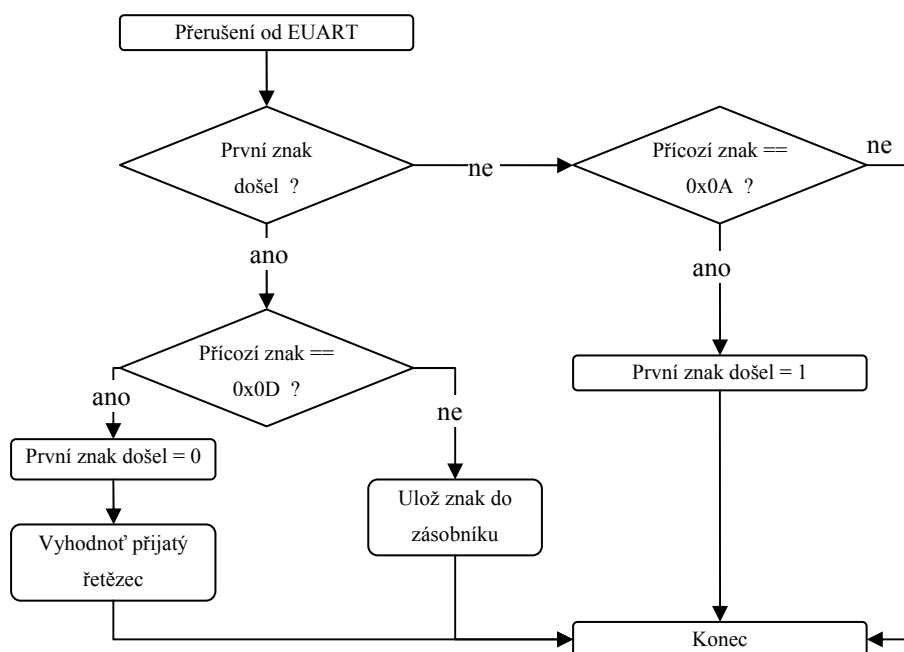
Adresa	Poč. Znak	Příkaz	Parametr/data	Konec
1B	1B	10B	160B	1B

Tabulka 5-2 Popis příkazů

GSM modul =>TERMOSTAT					
Adresa	Počátek	Příkaz	Parametr/data - příklad	Konec	Popis
0x01	0x0A	Pr!	1,ON,22:40,22.5C,PN;	0x0D	Naprogramuj termostat
	0x0A	Pr?	Žádný	0x0D	Pošli přehled programů
	0x0A	Mod!	Pr	0x0D	Přepne mód. „Pr“ nebo „Man“
	0x0A	Mod?	Žádný	0x0D	Pošli stav termostatu, mód, teplota
	0x0A	Del	Žádný	0x0D	Smaže všechny programy
	0x0A	t=	22	0x0D	Přepne do man. módu a nastaví teplotu
	0x0A	St	22:40,PO	0x0D	Nastav čas a den
	0x0A	Re	Žádný	0x0D	Žádost o stavu relé

Po přijetí prvního bajtu je vyvoláno přerušení a následně je zkontrolována adresa, která je pro termostat pevně nastavena na 0x01. V případě, že je adresa správná, je nastaven příznak „add_ok_F“. Následující znak/byte musí být „0x0A“, což indikuje počátek rámce. V případě správnosti tohoto znaku se již další znaky ukládají do zásobníku dokud nepřijde ukončovací byte „0x0D“. Jakmile přijde tento bajt, je ukončen zápis znaku do zásobníku a je zavolána funkce pro vyhodnocení přijatého řetězce. Vyhodnocování řetězce je v podstatě rozděleno do dvou částí. Nejprve se vyhodnotí první část, která určuje příkaz. Na základě vyhodnoceného

příkazu je provedena požadovaná akce, případně dojde k vyhodnocení parametru příkazu. Základní vývojový diagram příjmu znaku je níže, viz. Obrázek 5-18.



Obrázek 5-18 Příjem dat z RS485

5.5 PLOŠNÝ SPOJ A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Plošný spoj byl navržen jako jednostranný s drátovými propojkami v softwaru PROTEL. Pro připojení k RS485 a napájení je použita svorkovnice. Většina součástek je v provedení pro povrchovou montáž aby byly zachovány malé rozměry. Všechny rezistory jsou v toleranci $\pm 1\%$. Termostat byl umístěn do plastové krabičky. Prototyp sestaveného termostatu je zobrazen na obrázku 5-19 a zabudovaný v krabičce na obrázku 5-20.



Obrázek 5-19 Prototyp termostatu



Obrázek 5-20 Finální provedení termostatu v krabičce

6. ZÁVĚR

Závěrem bych zhodnotil výsledky své práce. Tato diplomová práce se zabývala návrhem dálkového ovládání teploty/domácnosti přes mobilní telefon s podrobným rozbořením jednotlivých částí zařízení a návrhem HW. Byly zhotoveny prototypy obou jednotek (termostatu a GSM jednotky), které byly kompletně oživeny a otestovány. Vzhledem k faktu, že je obsazena pouze část paměti v mikrokontroléru, lze systém stále rozšiřovat o další funkce. Navržený systém umožňuje ovládat dvoustavová topná tělesa, např. přímotopná tělesa, nicméně lze navrhnout další samostatné regulátory/termostaty, které se připojí na RS485 sběrnici a budou přizpůsobena pro konkrétní systém vytápění.

V poslední době na trhu stále přibývá podobných zařízení, nicméně většinou nemají komunikační sběrnici pro připojení dalších zařízení. Do budoucna lze předpokládat další rozvoj podobných zařízení nejenom pro zvýšení komfortu, ale také pro úsporu energií. Při návrhu jsem vycházel ze svých vlastních zkušeností, odhadů a zařízení jsem rozšířil oproti zadání tak, aby bylo co nejvíce univerzální a zvýšilo užitnou hodnotu. Pro komerční použití by bylo vhodné nejprve vypracovat marketingový průzkum se zaměřením na to, co zákazník požaduje a za co je ochoten zaplatit a potom zařízení přizpůsobit těmto specifickým požadavkům a preferencím.

Seznam literatury

- [1] Distributor GSM modulů SIEMENS [online]. [2008] [cit. 2008-02-25].
Dostupný z WWW: <<http://www.wmocean.cz/siemens-datove-moduly-gsm>>.
- [2] Distributor GSM modulů SIEMENS [online]. [2008] [cit. 2008-02-25].
Dostupný z WWW: <<http://www.seapraha.cz>>.
- [3] Distributor GSM modulů SIEMENS [online]. [2008] [cit. 2008-02-25].
Dostupný z WWW: <<http://www.sectron.cz/>>.
- [4] Výrobce GSM modulů Telit [online]. [2008] [cit. 2008-04-11]. Dostupný z
WWW: <www.telit.com>.
- [5] Výrobce GSM modulů Tetonika [online]. [2008] [cit. 2008-04-11]. Dostupný z
WWW: <<http://www.teltonika.com>>.
- [6] Výrobce GSM modulů Motorola [online]. [2008] [cit. 2008-04-11]. Dostupný z
WWW: <<http://www.motorola.com/m2m>>.
- [7] Distributor GSM modulů Motorola [online]. [2008] [cit. 2008-04-11].
Dostupný z WWW: <<http://www.macroweil.cz>>.
- [8] GM electronic - distributor elektronických součástek [online]. [2008] [cit.
2008-04-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.gme.cz/>>.
- [9] GES - distributor elektronických součástek [online]. [2008] [cit. 2008-04-11].
Dostupný z WWW: <<http://www.ges.cz/>>.
- [10] Microchip - výrobce součástek [online]. [2008] [cit. 2008-04-11]. Dostupný z
WWW: <<http://www.microchip.com/>>.
- [11] Linear Technology - výrobce součástek [online]. [2008] [cit. 2008-04-11].
Dostupný z WWW: <<http://www.linear.com>>.
- [12] Dallas - výrobce součástek [online]. [2008] [cit. 2008-04-11]. Dostupný z
WWW: <<http://www.maxim-ic.com>>.
- [13] HW-group – výrobce elektroniky [online]. [2008] [cit. 2008-11-11]. Dostupný
z WWW: <<http://www.HW-group.com>>.
- [14] Texas Instruments – výrobce součástek [online]. [2008] [cit. 2008-20-11].
Dostupný z WWW: <<http://www.ti.com>>.

- [15] Avago Technologies – výrobce součástek[online]. [2008] [cit. 2008-20-11].
Dostupný z WWW: < <http://www.avagotech.com>>.
- [16] Texas Instruments – výrobce součástek [online]. [2008] [cit. 2009-20-4].
Dostupný z WWW: <<http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/tina-ti.html>>.

Seznam ilustrací

Obrázek 1-1 Možnosti využití systému	3
Obrázek 1-2 Blokové schéma celého systému.....	4
Obrázek 3-1 Blokové schéma hlavní jednotky	11
Obrázek 3-2 Propojení základní desky s deskou GSM modulu.....	12
Obrázek 3-3 Blokové schéma napájecího zdroje	13
Obrázek 3-4 Schéma zapojení zdroje.....	14
Obrázek 3-5 Schéma zapojení zdroje.....	14
Obrázek 3-6 Schéma zapojení digitalních vstupů.....	16
Obrázek 3-7 Schéma zapojení analogových vstupů.....	18
Obrázek 3-8 Schéma zapojení výstupů	19
Obrázek 3-9 Blokové schema Mc39i – převzato od výrobce	22
Obrázek 3-10 Průběh zapínání GSM modulu	23
Obrázek 3-11 Připojení GSM modulu k mikrokontroléru	23
Obrázek 3-12 Zapojení rozhraní RS485 a jednotek na sběrnici	24
Obrázek 3-13 Plošný spoj s GSM modulem.....	25
Obrázek 3-14 Základní deska GSM jednotky	25
Obrázek 3-15 Uspořádání GSM jednotky.....	26
Obrázek 3-16 Finální vzhled GSM jednotky	26
Obrázek 4-1 Struktúra programu	27
Obrázek 4-2 Hlavní vývojový diagram.....	28
Obrázek 4-3 Vyhodnocení příchozího řetězce - příkazu.....	30
Obrázek 4-4 Načtení příchozího řetězce - příkazu.....	32
Obrázek 4-5 Osmi bitový rámec pro přenos dat	33
Obrázek 4-6 Devíti bitový rámec pro přenos adresy	33
Obrázek 4-7 Časování TMR0 při příjmu	34
Obrázek 4-8 SW Hercules pro komunikaci po RS232.....	35
Obrázek 4-9 Přípravek TTL/RS232 a TTL/RS485.....	35
Obrázek 5-1 Blokové schéma termostatu	36
Obrázek 5-2 Zapojení teplotního čidla.....	38

Obrázek 5-3 Blokové schéma SN75186	39
Obrázek 5-4 Přehled provázanosti jednotlivých módů	40
Obrázek 5-5 Moduly programu.....	41
Obrázek 5-6 Normální běh programu	42
Obrázek 5-7 Manuální režim	43
Obrázek 5-8 Displej pro mód 0	43
Obrázek 5-9 Normalní běh programu	44
Obrázek 5-10 Displej pro mód 0	44
Obrázek 5-11 Mazání programů	45
Obrázek 5-12 Displej pro mód 2	45
Obrázek 5-13 Režim programování	46
Obrázek 5-14 Displej pro mód 3	47
Obrázek 5-15 Režim – korekce teploty	47
Obrázek 5-16 Displej pro mód 4	47
Obrázek 5-17 Příjem dat z RS485	49
Obrázek 5-18 Prototyp termostatu	50
Obrázek 5-19 Finální provedení termostatu v krabici	50

Seznam tabulek

Tabulka 2-1 Seznam implicitních nastavení	7
Tabulka 2-2 Konfigurační příkazy	8
Tabulka 2-3 Popis příkazů pro ovládání termostatu	9
Tabulka 2-4 Protokol pro komunikaci po RS485	10
Tabulka 3-1 Přehled napájecích napětí	12
Tabulka 4-1 Seznam použitých konfiguračních příkazů	29
Tabulka 5-1 Velikost datového paketu	48
Tabulka 5-2 Popis příkazů	48

Seznam použitých zkratk:

A/D	-	Analogově číslicový převodník,
UART	-	Typ sběrnice (univerzální asynchronní vysílač/přijímač),
OZ	-	Operační zesilovač,
DPS	-	Deska plošných spojů.
SMS	-	Krátká textová zpráva (Short message service)
GSM	-	Globální systém pro mobilní komunikaci
RS485	-	Sériová sběrnice - fyzická vrstva
RTC	-	Hodiny reálného času (Real time clock)
GPRS	-	Mobilní datová služba (General Packet Radio Service)
I/O	-	Vstupy/výstupy
IO	-	Integrovaný obvod

Seznam příloh

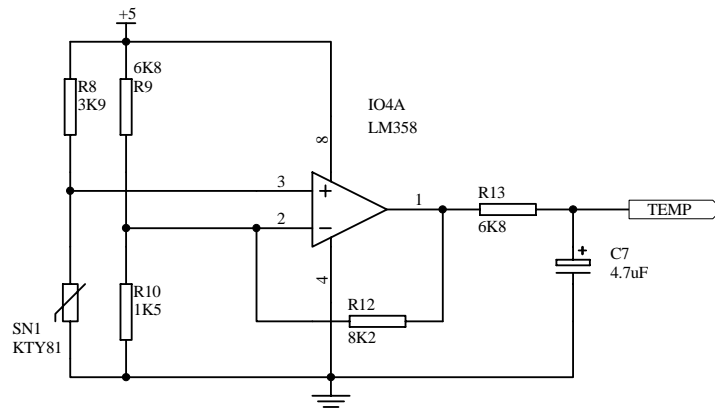
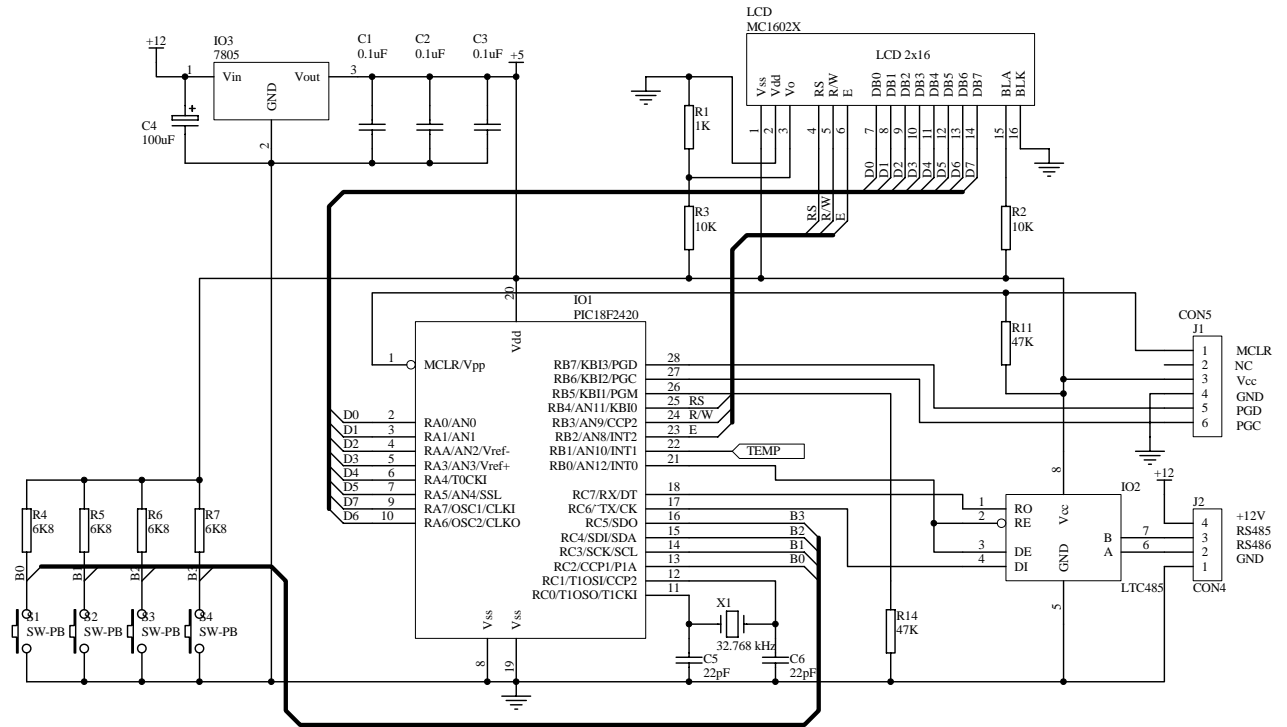
Příloha A	–	Termostat – schéma zapojení
Příloha B	–	Termostat – DPS (měřítko 1:1)
Příloha C	–	Termostat – seznam součástek
Příloha D	–	GSM jednotka – základní modul – schéma zapojení
Příloha E	–	GSM jednotka – základní modul /zdroj – schéma zapojení
Příloha F	–	GSM jednotka – základní modul – DPS (měřítko 1:1)
Příloha G	–	GSM jednotka – základní modul – DPS (měřítko 1:1)
Příloha H	–	GSM jednotka – základní modul – seznam součástek
Příloha I	–	GSM jednotka - GSM modul – schéma zapojení
Příloha J	–	GSM jednotka - GSM modul – DPS (měřítko 1:1)
Příloha K	–	GSM jednotka - GSM modul – Seznam součástek

Obsah přiloženého CD

- 1) Diplomová práce
- 2) Zdrojové soubory
 - a) Termostat
 - i) Schéma zapojení + DPS
 - ii) Program (main.c, LCD.c, LCD.h ...)
 - b) GSM jednotka
 - i) Schéma zapojení + DPS
 - ii) Program (main.c, RS485.c, RS485.h ...)
- 3) Katalogové listy použitých obvodů.

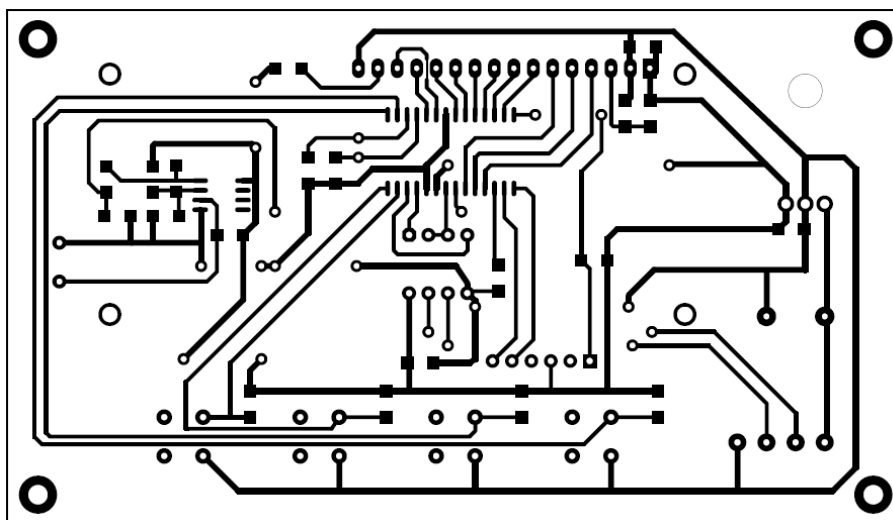
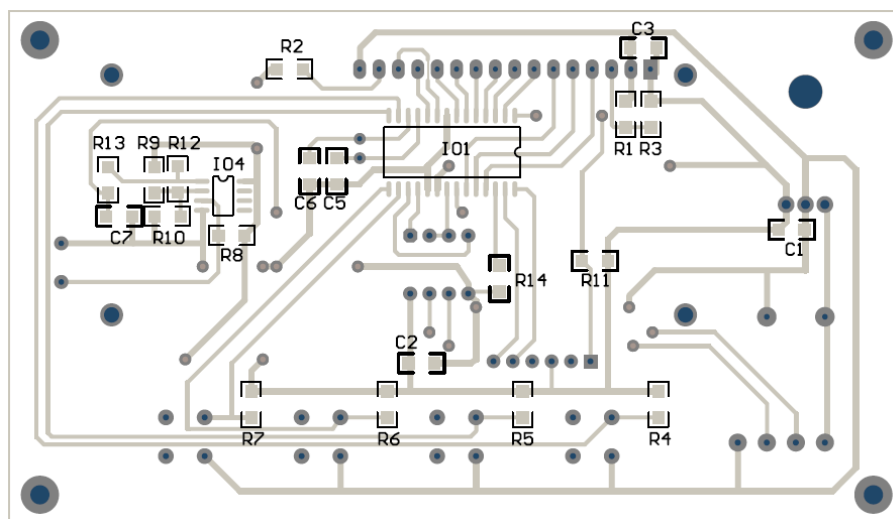
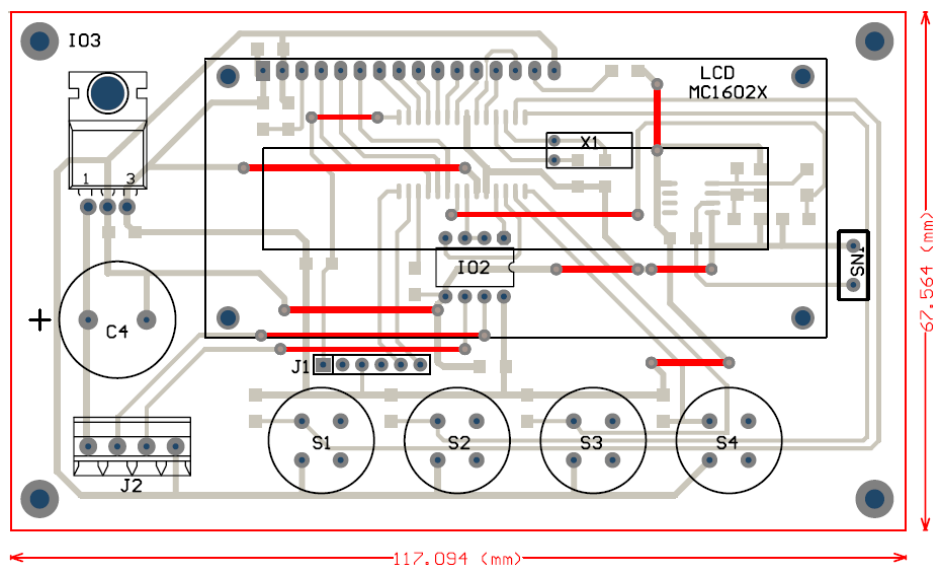
Příloha A

Schéma zapojení – Termostat



Příloha B

Plošný spoj – Termostat



Příloha C

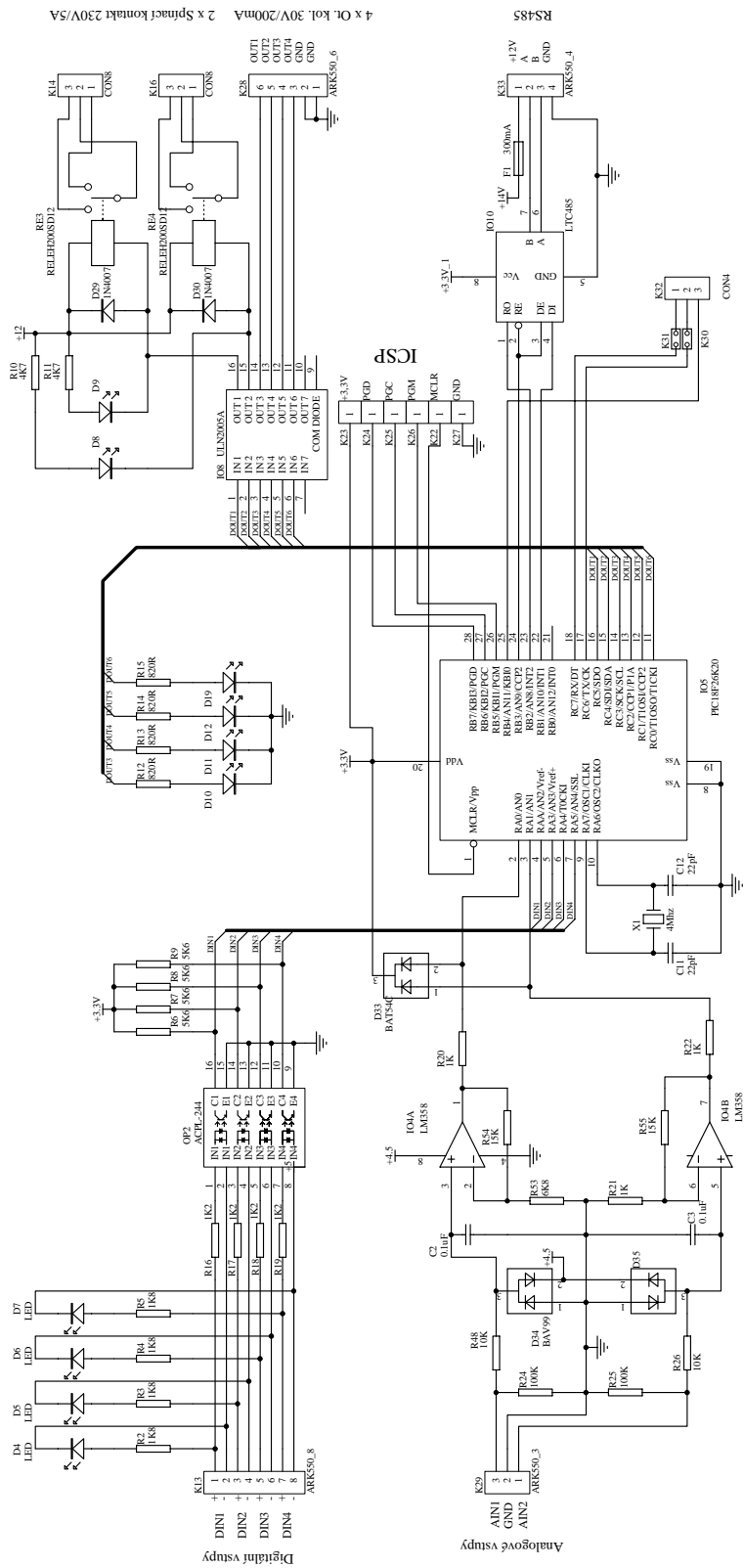
Seznam součástek - Termostat

Identifikátor	Hodnota/ součástka	Pouzdro	Popis/poznámky
IO1	PIC18F2420	SOL-28	Mikrokontrolér
IO2	LTC485	DIP-8	Interface RS485
IO3	7805	TO220H	Stabilizátor
IO4	LM358	SO-8	Operační zesilovač
LCD	GDM1602A	GDM1602A	LCD 2*16 znaků
X1	32.768 kHz	XTAL-Q32	Krystal
R1	1K	1206	Rezistor
R8	3K9	1206	Rezistor
R4, R5, R6, R7, R9, R13	6K8	1206	Rezistor
R12	8K2	1206	Rezistor
R2, R3	10K	1206	Rezistor
R11, R14	47K	1206	Rezistor
R10	1K5	1206	Rezistor
C1, C2, C3	0.1uF	1206	Kondenzátor
C7	4,7uF/6,3V	A	Kondenzátor
C4	100uF/25V	Radial	Kondenzátor
C5, C6	22pF	1206	Kondenzátor
SN1	KTY81	SOD70	Teplotní senzor
J2	ARK550	ARK550	Svorkovnice
J1	S1G05	SIP6	Konektor
S1, S2, S3, S4	P-DT6		Tlačítko

Poznámka:

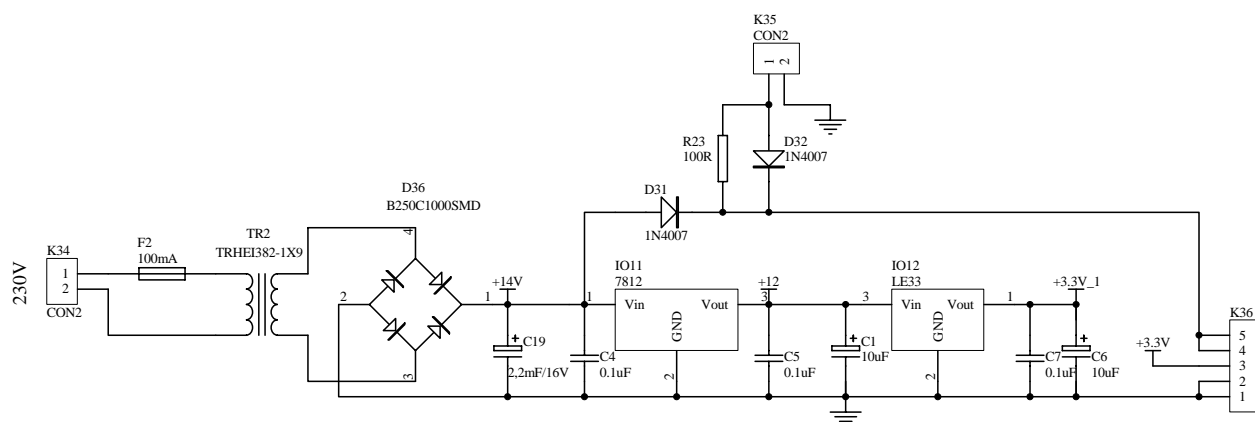
Všechny rezistory jsou v toleranci $\pm 1\%$.

Schéma zapojení – GSM jednotka – základní modul



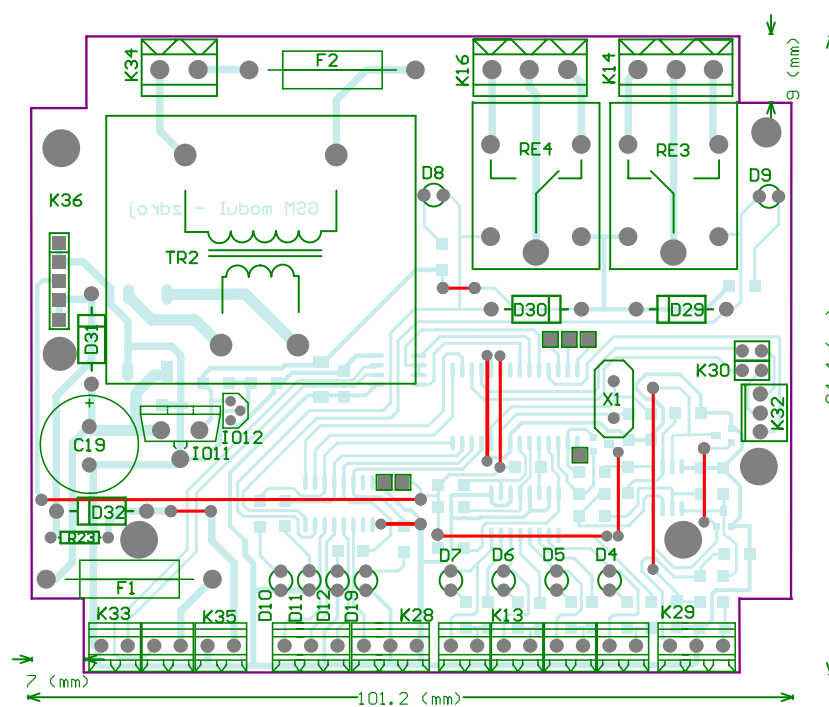
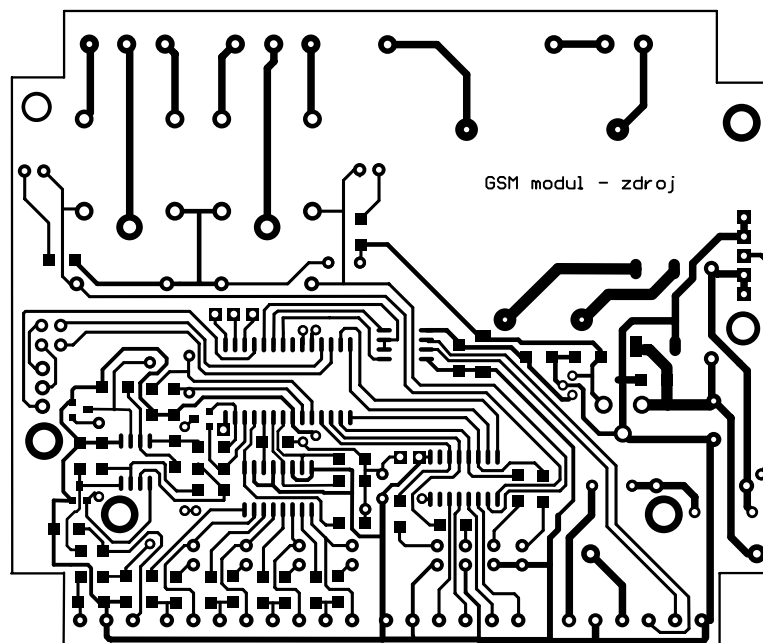
Příloha E

Schéma zapojení – GSM jednotka – základní modul



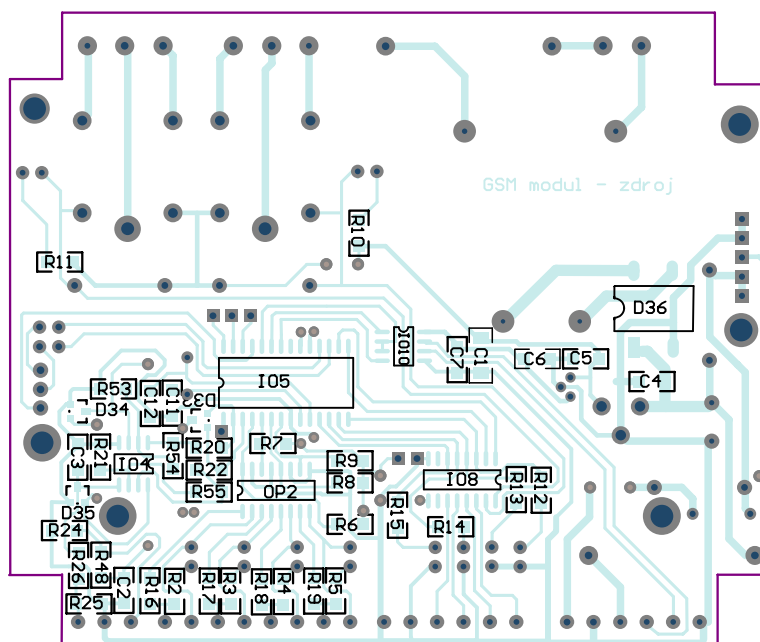
Příloha F

Plošný spoj – GSM jednotka – základní modul



Příloha G

Plošný spoj – GSM jednotka – základní modul



Příloha H

GSM jednotka - Zdroj – Seznam součástek

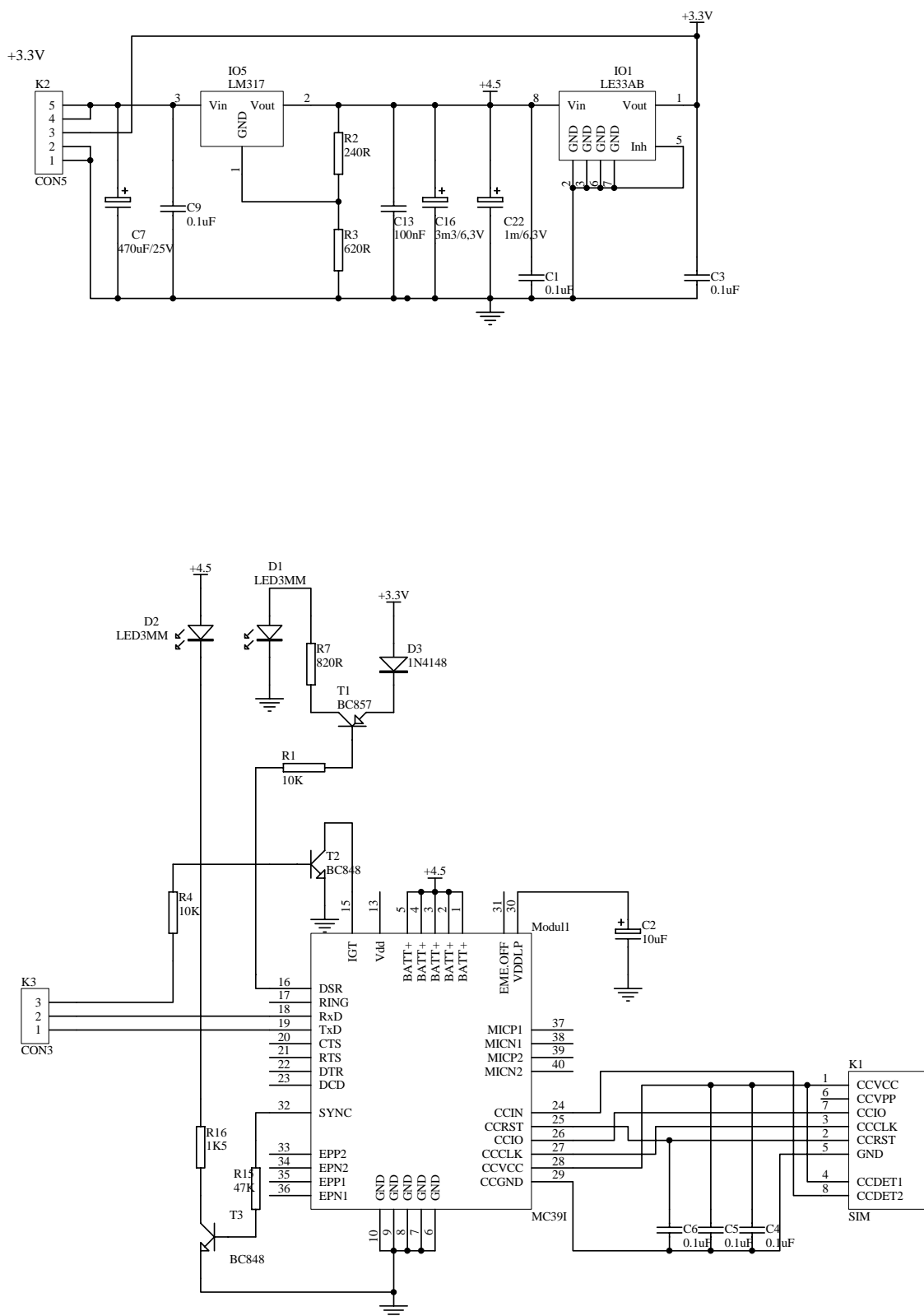
Identifikátor	Součástka/ hodnota	Pouzdro	Popis
IO5	PIC18F26K20	SOL-28	IO
IO8	ULN2002A(16)	SO-16	IO
IO4	LM358	SO-8	IO
IO10	LTC485	SO-8	IO
IO12	LE33	TO-92A	IO
IO11	7812	TO220VS	IO
OP2	ACPL-244	SO-16	Optočlen
D4, D5, D6, D7	LED	LED3MM	Led dioda
D29, D30, D31, D32	1N4007	DO41	Dioda
D36	B250C1000SMD	DB-S	Dioda
D33	BAT54C	SOT-23	Dioda
D34	BAV99	SOT-23	Dioda
X1	8Mhz	HC49U/S	Krystal
R16, R17, R18, R19	1K2	1206	Rezistor
R2, R3, R4, R5	1K8	1206	Rezistor
R20, R21, R22	1K	1206	Rezistor
R23	100R	1206	Rezistor
R10, R11	4K7	1206	Rezistor
R6, R7, R8, R9	5K6	1206	Rezistor
R53	6K8	1206	Rezistor
R26, R48	10K	1206	Rezistor
R54, R55	15K	1206	Rezistor
R24, R25	100K	1206	Rezistor
R12, R13, R14, R15	820R	1206	Rezistor
C2,C3,C4,C5,C7	0.1uF	1206	Kondenzátor keramický
C19	2,2mF/16V	RAD-13MM	Kondenzátor elek.
C1, C6	10uF	1808(2)	Kondenzátor elek.
C11, C12	22pF	1206	Kondenzátor keramický
F1, F2	300mA	FUSE	Pojistka
K29	ARK550_3	ARK550_3	Konektor
K33	ARK550_4	ARK550_4	Konektor
K28	ARK550_6	ARK550_6	Konektor
K13	ARK550_8	ARK550_8	Konektor
K22, K23, K24, K25, K26, K27	CON1	SIP1	Konektor
K34	CON2	ARK500/2	Konektor
K35	CON2	ARK550_2	Konektor
K32	CON4	PSH02-03	Konektor
K14	CON8	ARK500/3	Konektor
K16	CON8	ARK500/3	Konektor
RE3, RE4	RELEH200SD12	RELE H200	Relé
TR2	TRHEI382-1X9	TRHEI382-1	Transformátor

Poznámka:

Všechny rezistory jsou v toleranci $\pm 1\%$.

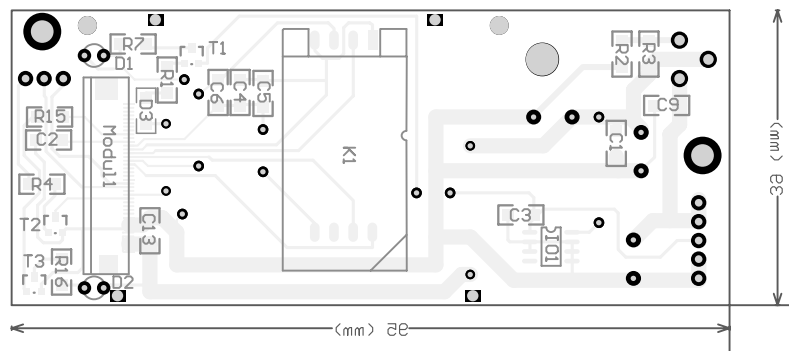
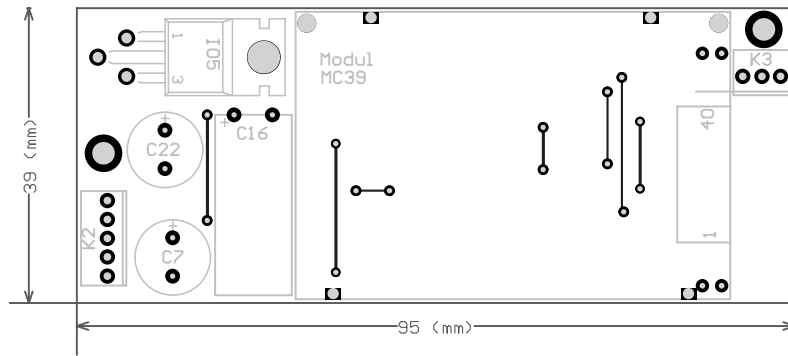
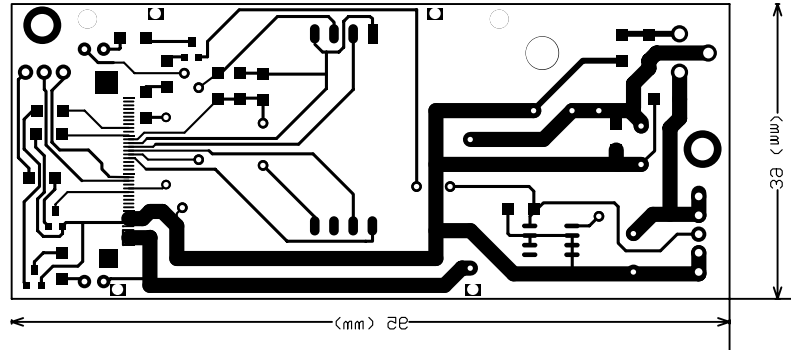
Příloha I

Schéma zapojení - GSM jednotka – GSM modul



Příloha J

Plošný spoj – GSM mikrokontroléru



Příloha K

GSM mikrokontrolér – Seznam součástek

<u>Identifikátor</u>	<u>Součástka/ hodnota</u>	<u>Pouzdro</u>	<u>Popis</u>
IO1	LE33AB	SO-8	Stabilizátor 3.3V
IO5	LM317	TO220HS	Stabilizátor
T1	BC857	SOT-23	Tranzistor
T2, T3	BC848	SOT-23	Tranzistor
D1, D2	LED3MM	LED3MM	Dioda
D3	1N4148	1206(2)	Dioda
R1, R4	10K	1206	Rezistor
R16	1K5	1206	Rezistor
R15	47K	1206	Rezistor
R2	240R	1206	Rezistor
R3	620R	1206	Rezistor
R7	820R	1206	Rezistor
C1, C3, C4, C5, C6, C9, C13	0.1uF	1206	Kondenzátor keramický
C22	1m/6,3V	RAD-10MM	Kondenzátor elek.
C16	3m3/6,3V	RAD-10x21MM-VH	Kondenzátor elek.
C2	10uF	1206	Kondenzátor elek.
C7	470uF/25V	RAD-10MM	Kondenzátor elek.
K3	CON3	PSH02-03	Konektor
K2	CON5	PSH02-05	Konektor
K1	SIM	SIM-C	Držák pro SIM kartu
Modul1	MC39I	ZIF40	GSM modul

Poznámka:

Všechny rezistory jsou v toleranci $\pm 1\%$.